الذكاء الاصطناعي

ترجمة فصول منزلة عن موقع www.myreaders.info القسم الخاص بالذكاء الاصطناعي....

١ -مدخل مبسط في أهم مواضيع علم الذكاء الاصطناعي

Introduction to Artificial Intelligence

٢- حل المسائل والبحث واستراتيجيات التحكم

Problem Solving Search and Control Strategies

٣- قضايا تمثيل المعرفة، المنطق الخبري والقوانين

Knowledge Representation Issues, Predicate Logic, Rules

ملحق ١ + ملحق ٢+ ملحق ٣...

ترجمة وإعداد فهد آل قاسم

fhdalqasem@yahoo.com

نقلا عن الرابط:

www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

رسالة للقارئ العزيز

يرجى من كل من استخدم أو قرأ هذا الكتاب أن يسجل أي ملاحظات أو مقترحات أو حتى متطلبات لتحسين أو مراجعة هذا الكتيب الالكتروني ويرسلها على بريدي الالكتروني الموضح أعلاه، أو يسجلها في صفحة التواصل بموقع :تكنولوجيا المعلومات المتقدمة على الرابط www.adv-info-tech.com.

مع خالص شكري وتقديري لكل من قرأ أو صوب كتيباتي السابقة أو تساءل حولها أو عنها............

فهد

- ١ -

مدخل مبسط في أهم مواضيع

علم الذكاء الاصطناعي

Introduction to Artificial Intelligence

مقدمة:

- **تعريفات Definitions**
- **أهداف الذكاء الاصطناعي Goals of AI**
- **منهجيات الذكاء الاصطناعي AI Approaches**
- **تقنيات الذكاء الاصطناعي AI Techniques**
  1. **التقنيات التي تجعل سلوك النظام يبدو ذكيا**
     Techniques that make system to behave as Intelligent
  2. **التقنيات التي تستلهم البيولوجي Biology-inspired AI techniques**
- **فروع علم الذكاء الاصطناعي Branches of AI**
- **تطبيقات الذكاء الاصطناعي Applications of AI**
- **المراجع References**

ترجمة وإعداد فهد آل قاسم

fhdalqasem@yahoo.com

نقلا عن الرابط:

www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

ما هو الذكاء الاصطناعي What is Artificial Intelligence؟

يعتبر العالم الأمريكي جون ماكارثي John McCarthy هو الذي صك مصطلح الذكاء الاصطناعي في ١٩٥٦م، وقد عرفه بأنه علم وهندسة صناعة الآلات الذكية أو "the science and engineering of making intelligent machines"، وخاصة برامج الحاسوب الذكية. أو هو فرع علوم الحاسوب الذي يهدف إلى إنشاء الآلات الذكية.

والذكاء Intelligence كمفهوم يصعب تعريفه بدقة، ويمكن اعتباره الجزء الحسابي الذي يعطينا القدرة على تحقيق الأهداف في العالم من حولنا، ولدى الناس مختلف الدرجات من الذكاء، وكذلك الحيوانات وبعض الآلات، وفق هذا التعريف.

كنا أننا نستطيع تعريف الذكاء الاصطناعي بأكثر من تعريف منها:

- الذكاء الاصطناعي AI هو دراسة القدرات الذهنية من خلال استخدامه للنماذج الاحتسابية computational models.
- الذكاء الاصطناعي AI هو دراسة كيفية جعل الحواسيب تقوم بأشياء يقوم بها الإنسان بشكل أفضل في الوقت الحالي.
- الذكاء الاصطناعي AI هو دراسة وتصميم العملاء الأذكياء intelligent agents، حيث أن العميل الذكي هو نظام يدرك بيئته ويقدم أفعالا تزيد من فرصة نجاحه في أهدافه.

تعريفات Definitions :

الذكاء الاصطناعي (AI) Artificial Intelligence له تعريفات متعددة ، وفيما يلي مجموعة تعريفات منقولة من بعض الكتب النصية textbooks:

(b) "دراسة القدرات الذهنية من خلال استخدام النماذج الاحتسابية"، "دراسة الحوسبة التي تجعل من الممكن الإدراك والتفسير والفعل" **'The study of mental faculties through the use of computational models' (Charniak and McDermott, 1985). 'The study of the computations that make it possible to perceive, reason, and act' (Winston, 1992)**	**(a)** "مجهود جديد لجعل الحواسيب تفكر...آلات فيها عقول، بشكل كامل وحرفي" "أتمتة الأنشطة التي تربط الذكاء البشري بالفعل، مثل صناعة القرارات وحل المسائل والتعلم ..." **'The exciting new effort to make computers think .. machines with minds, in the full and literal sense' (Haugeland, 1985). 'The automation of activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem solving, learning ' (Bellman, 1978)**
(d) "هو حقل دراسة الذي يبحث توضيح ومحاكاة السلوك الذكي في شكل عمليات حسابية"، "هو فرع علوم الحاسوب الذي يهتم باتمتة السلوك الذكي" **'A field of study that seeks to explain and emulate intelligent behavior in terms of computational processes' (Schalkoff, 1990)** **'The branch of computer science that is concerned with the automation of intelligent behavior' (Luger and Stubblefield, 1993)**	**(C)** "هو فن إنشاء آلات تنجز وظائف تتطلب ذكاء عندما يؤديها الانسان"، "هو دراسة كيفية جعل الحواسيب تفعل أشياء يمكن للإنسان أن يؤديها بشكل أفضل" **'The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people' (Kurzweil, 1990),** **'The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better' (Rich and Knight, 1991)**

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

وبدراسة التعريفات الثمانية أعلاه، نجد أن:

١. التعريفات من الأعلى إلى الأسفل:

التعريفات في (a)و(b) هي تعريفات متعلقة بالتفسير reasoning، بينما تلك التعريفات في (c)و(d) فهي تعريفات تهتم أكثر بالسلوك **behavior**.

٢. التعريفات من اليمين إلى اليسار:

التعريفات في (c) و (a) تقيس النجاح بمقياس الأداء البشري human performance، بينما تلك التعريفات في اليمين (b) و (d) فتقيس المفهوم المثالي للذكاء والذي يسمى بالمعقولية **rationality**.

ملاحظة: يكون النظام عقلانيا rational إذا كان يفعل الأشياء السليمة.

الذكـــاء Intelligence:

كما أسلفنا هو مفهوم يصعب صياغة تعريف محدد له، ولكنه مرتبط بمهام تشمل العمليات الذهنية mental processes.

فيما يلي أمثلة لأشكال العمليات الذهنية المختلفة التي يؤديها الإنسان عادة وإذ قامت بها الآلة أو الحيوان اعتبرناه سلوكا ذكيا:

Creativity	الإبداع	Solving problems	حل المسائل
pattern recognition	اكتشاف الأنماط	Classification	التصنيف
Learning	التعلم	Induction	الاستقراء
Deduction	الاستنتاج	building analogies	بناء القياسات (القياس)
Optimization	التحسين، الأمثلة	language processing	معالجة اللغة الطبيعية
knowledge and many more.		المعرفة وأمثلة كثيرة أخرى	

السلوك الذكي Intelligent Behavior: يظهر السلوك الذكي بصور مختلفة منها:

إدراك الكائن لبيئته	**Perceiving** one’s environment.
التعلم والفهم من التجارب	**Learning** and understanding from experience.
تطبيق المعارف بنجاح على حالات جديدة	**Knowledge** applying successfully in new situations.
التواصل مع الآخرين	**Communicating** with others, and more like.
الفعل في البيئات المعقدة	**Acting** in complex environments.
التفسير لحل المسائل واكتشاف المعرفة المخفية (غير الظاهرة)	**Reasoning** to solve problems and discover hidden knowledge.
التفكير المجرد واستخدام القياس	**Thinking** abstractly, using analogies.
الإبداع، البراعة، القدرة على التعبير، الفضول...	**Creativity**, **Ingenuity**, **Expressive–ness**, **Curiosity**.

فهم الذكاء الاصطناعي Understanding AI:

من أجل معرفة مدى صعوبة الذكاء الاصطناعي يجب أن نعرف إجابة التساؤلات التالية:

كيف نكتسب المعرفة knowledge ونقوم بتمثيلها represented وتخزينها stored؟

كيف ننتج السلوك الذكي intelligent behavior ونعلمه learned للآخرين؟

كيف نستخدم ونطور ونبرمج خبرات إنسانية مثل الحافز motives والعاطفة emotions وتقدير الأولوية priorities؟

كيف نستطيع تحويل الإشارات الحسية sensory signals إلى رموز symbols ؟

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

كيف يتم معالجة الرموز بصورة منطقية محوسبة، من أجل فهم أسباب reason أحداث بالماضي، والتخطيط plan للمستقبل؟

كيف تستطيع آليات mechanisms الذكاء إنتاج الظواهر phenomena الإنسانية مثل التوهم illusion والتصديق belief والأمل hope والخوف fear والحلم dreams والعطف kindness والحب love؟

الذكاء الاصطناعي القوي أو الصلب Hard or Strong AI:

بشكل عام، فإن بحوث الذكاء الاصطناعي تهدف إلى إنشاء ذكاء اصطناعي يستطيع أن يكرر الإنسان الذكي replicate human intelligence تماما. ويطلق الذكاء الاصطناعي القوي على الآلة التي تقترب أو تحل محل الذكاء الإنساني، بحيث تكون قادرة على انجاز أعمال الإنسان، وتطبيق نطاق واسع من الأعمال حسب الخلفية المعرفية، ويكون لها درجة ما من الشعور بالذات self-consciousness. فيهدف الذكاء الاصطناعي **القوي** أو الصلب إلى بناء آلات لها قدرات معرفية intellectual ability لا تختلف عن الكائنات البشرية.

الذكاء الاصطناعي البرمجي أو الخفيف Soft or Weak AI:

الذكاء الاصطناعي الخفيف يطلق على استخدام البرمجيات software لدراسة أو إنجاز حل مسألة معينة، أو لاستنباط مهام، قد لا يدخل ضمنها جميع قدرات التعرف الإنساني human cognitive.

مثال: برنامج الشطرنج الشهير بـ **Deep Blue**.

الذكاء الاصطناعي الخفيف لا يتميز بالوعي بالذات self-awareness، فهو يظهر مدى كبير من قدرات التعرف الإنساني، وهو ذكاء فحسب، يحل مسائل محددة.

علوم التعرف Cognitive Science:

تهدف إلى تطوير واستكشاف وتقييم النظريات المتعلقة بكيفية عمل العقل mind ، من خلال استخدام النماذج الاحتسابية computational models، فالمهم فيها ليس ما يحدث، ولكن كيف حديث الأمر، بمعنى أن السلوك الذكي لا يكفي، وإنما يجب أن يعمل البرنامج بطريقة ذكية intelligent manner.

مثال ذلك: برامج الشطرنج Chess programs تعمل بشكل ناجح، لكنها تقول القليل عن طريقة البشر في لعب وتعلم الشطرنج.

أهداف الذكاء الاصطناعي Goals of AI

إن تعريفات الذكاء الاصطناعي المختلفة تعطي لنا أربعة أهداف من الممكن تعقبها:

١.نظم تفكر مثل الإنسان.	1. Systems that think like humans.
٢. نظم تفكر بشكل عقلاني.	2. Systems that think rationally.
٣. نظم تعمل مثل الإنسان.	3. Systems that act like humans .
٤. نظم تعمل بشكل عقلاني.	4. Systems that act rationally.

وبشكل تقليدي، جميع الأهداف السابقة موجودة في أربعة منهجيات ترتبط بها حسب الجدول التالي:

Rationally **عقلانيا**	**Human-like** **مثل الانسان**	
(2) Laws of thought Approach منهجية قوانين التفكير	**(1) Cognitive science Approach** منهجية علوم التعرف	**Think** **التفكير**
(4) Rational agent Approach منهجية العميل العقلاني	**(3) Turing Test Approach** منجية اختبار تورينج	**Act** **الفعل**

ملاحظة:

أغلب أعمال الذكاء الاصطناعي تقع في المنهجيتين (٢) و (٤).

الأهداف العامة للذكاء الاصطناعي General AI Goal:

١. تكرار الذكاء الإنساني: لا يزال هدفا بعيدا.
٢. حل مشكلة المهام المكثفة للمعرفة.
٣. عمل اتصال ذكي intelligent connection بين الإدراك perception والفعل action.
٤. تحسين التفاعل/الاتصال الإنساني الإنساني، والإنساني الحاسوبي، والحاسوبي الحاسوبي.

الهندسة المعتمدة على أهداف الذكاء الاصطناعي Engineering based AI Goal:

يسعى هذا الفرع الهندسي المهم إلى تطوير مفاهيم ونظريات وتطبيقات لبناء الآلات الذكية intelligent machine ، مع التركيز على بناء النظم system building.

العلوم المعتمد على أهداف الذكاء الاصطناعي Science based AI Goal.

يسعى هذا العلم إلى تطوير مفاهيم concepts وآليات mechanisms ومفردات لغوية vocabulary تؤدي إلى فهم السلوك الذكي الحي biological intelligent behavior ، مع التركيز على فهم السلوك الذكي intelligent behavior.

منهجيات الذكاء الاصطناعي AI Approaches

المنهجيات التي ذكرناها سابقا تعرف بواسطة اختيار أهداف النموذج الاحتسابي computational model، وتعتمد على تقييم أداء النظام الذي ينتج عنها.

١) منهجية علوم التعرف: التفكير مثل الإنسان Cognitive science : Think human-like:

هي منهجية تعتمد على وجود مجهود جديد لصنع حواسيب مفكرة computers think، وهذا يعني أن الآلات يكون معها عقل، بالمعنى الكلي أو بالمعنى الحرفي، ولا تركز المنهجية فقط على السلوك والمدخلات/مخرجات I/O، فهي تنظر أيضا إلى عملية التفسير reasoning process، مهتمة بكيفية الحصول على النتائج، وهي لا تهدف فقط إلى إنتاج سلوك شبيه بالإنسان human-like behavior، بل تهدف أيضا إلى إنتاج متسلسلة الخطوات التي تقود إلى عملية التفسير، بشكل مشابه للخطوات التي يتبعها الإنسان من أجل نفس المهام.

٢) منهجية قوانين التفكير: التفكير بمعقولية Laws of Thought : Think Rationally:

تهتم هذه المنهجية بدراسة القدرات الذهنية mental faculties من خلال استخدام النماذج الاحتسابية، بمعنى دراسة الحوسبة التي تجعل من الممكن (للآلة) الإدراك perceive والتفسير reason والفعل act.

تركز هذه المنهجية على آليات الاستدلال inference mechanisms المبرهن رياضيا على صحتها provably correct والتي تضمن حصولنا على الجواب المثالي optimal solution للمسائل.

كما تطور أنظمة التمثيل التي تسمح للاستدلال كي يصبح على الأقل بالصورة المنطقية الشهيرة التي تلخصها العبارة:

"كل الرجال فانون. سقراط رجل. إذا يكون سقراط فانٍ" أو

"Socrates is a man. All men are mortal. Therefore Socrates is mortal."

وذلك بهدف صياغة عمليات التفسير كنظام، وفق قواعد منطقية rules logical، وإجراءات استدلال.

والمشكلة غالبا تكون أنه لا يمكن حل جميع المسائل فقط بالتفسير والاستنباط.

٣) منهجية اختبار تيورنج: الفعل مثل الانسان Turing Test : Act Human-like

تعتبر هذه المنهجية: فن إنشاء الآلات التي تنجز وظائف تتطلب الذكاء عند انجازها بواسطة الإنسان، أي دراسة كيفية صناعة حواسيب تفعل الأشياء التي يقوم بها الإنسان بشكل أفضل في الوقت الحالي.

وتركز على الفعل، لا على السلوك الذكي، المتمركز حول تمثيل المعارف في العالم حولنا، فالمنهجية السلوكية لا تركز على كيفية الحصول على النتائج، بل تركز على الحصول على نتائج مشابهة لنتائج عمل الإنسان.

مثال يوضح اختبار تيورنج Turing Test:

- ثلاثة غرف في الأولى شخص والثانية فيها حاسوب والثالثة فيها شخص يسمى المستجوب interrogator.
- يستطيع المستجوب التواصل مع الغرفتين بواسطة جهاز تلغراف/المبرقة teletype، من أجل تجاوز مشكلة محاكاة الآلة لمظهر أو صوت الإنسان.
- يحاول المستجوب تحديد أي الغرفتين فيها إنسان وأيهما فيها آله.
- تحاول الآلة حين ترد على المستجوب أن تخدعه، وتجعله يصدق انها إنسان، ويحاول الشخص أيضا أن يقنع المستجوب أنه هو الإنسان.
- تجتاز الآلة اختبار تيورنج إذا نجحت في خداع المستجوب، وجعلته يستنتج أن الآلة كائن ذكي.

والهدف من الاختبار هو تطوير نظم تكون مثل الإنسان human-like.

---

٤) منهجية العميل العقلاني: الفعل بمعقولية Rational Agent : Act Rationally

تحاول هذه المنهجية توضيح ومحاكاة السلوك الذكي، بشكل مشابه للعمليات الاحتسابية، فهي تأخذ في الاعتبار مسألة أتمتة الذكاء automation of intelligence.

وتركز هذه المنهجية على النظم التي تعمل بكفاءة، وليس بالضرورة بمثالية في كل الحالات، ومن المقبول الحصول على تفسيرات غير كاملة imperfect reasoning مادام العمل قائما. فالهدف هنا هو تطوير نظام يكون عقلاني وكفؤ.

تقنيات الذكاء الاصطناعي AI Techniques

لقد ظهرت في مسيرة الذكاء الاصطناعي تقنيات متعددة، يمكن تطبيقها في مختلف مهام وأهداف الذكاء الاصطناعي.

تهتم التقنيات بكيفية تمثيل represent ومعالجة manipulate وتفسير reason المعرفة، من أجل حل المسائل المختلفة.

ويمكن تصنيف هذه التقنيات إلى نوعين:

1. **التقنيات التي تجعل سلوك النظام يبدو "ذكيا"**

   Techniques that make system to behave as "Intelligent"
2. **التقنيات التي تستخدم علم البيولوجي Biology-inspired AI techniques**

ومن التقنيات التي تجعل سلوك النظام يبدو ذكيا Techniques that make system to behave as Intelligent:

تقليص الهدف	Goal reduction	الوصف والمطابقة	Describe and match
البحث في الشجرة	Tree Searching	شرط الرضا	Constraint satisfaction
نظم القواعد	Rule based systems	إنتاج واختبار	Generate and test

ومن التقنيات التي تستخدم علم البيولوجي Biology-inspired AI techniques:

الشبكات العصبية	Neural Networks
الخوارزميات الجينية	Genetic Algorithms
التعلم الغزير	Reinforcement learning

١) التقنيات التي تجعل سلوك النظام يبدو "ذكيا":

١. تقنية الوصف والمطابقة Describe and Match

هذه التقنية تستخدم مفهوم النموذج عموما، وتطبقه على نموذج جزئي من نموذج الحالة المحددة، هو النموذج الاحتسابي، لتصميم نظام تمثيل حاسوبي أو حسابي، يمثل علاقات الانتقال لمجموعة من الحالات في نظام انتقال الحالة، ويستخدم نظام انتقال الحالة المحدد، لتحديد جميع الحالات الممكنة للوصول إلى حالة الهدف في حل مسائل الذكاء الاصطناعي، ومن عيوب هذه التقنية عدم إمكانية تطبيقها على المسائل التي تتكون من حالات كثيرة، أو معقدة، فيما يلي تعريفات توضح المقصود بكل المفاهيم السابقة.

النموذج Model: هو وصف لسلوك النظام system's behavior.

نموذج الحالة المحدودة Finite state model : يتكون هذا النموذج من مجموعة من الحالات states، ومجموعة من الحوادث المستخدمة للإدخال input events، ويوضح العلاقة relations بينها، وبإعطاء الحالة الحالية وحادث الإدخال، نستطيع تحديد الحالة الحالية التالية للنموذج.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

النموذج الاحتسابي Computation model:

هو نموذج جزئي وفق نموذج الحالة المحدودة، ويشمل مجموعة من الحالات، ومجموعة من حالات البدء، ومدخلات مرتبة أبجديا، ودالة انتقال transition function، وظيفتها تحويل الرموز المدخلة والحالات الحالية إلى الحالة التالية.

نظام التمثيل الحاسوبي Representation of computational system:

ويشمل وصفا لحالة بدء وحالة نهاية، ومجموعة من قواعد الانتقال transition rules، التي يمكن تطبيقها، والمشكلة فيه هي البحث عن قواعد الانتقال المناسبة.

علاقة الانتقال Transition relation:

إذا كان هناك زوج من الحالات (S, S')، وكانت حركة النظام تتقله من الحالة S إلى الحالة S' ، فإننا نمثل علاقة الانتقال بالشكل S => S’.

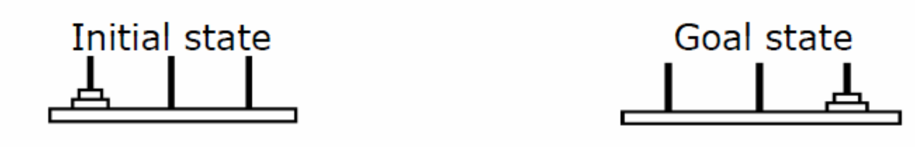
نظام انتقال الحالة State–transition system:

ويكون هذا النظام محددا deterministic، إذا كانت جميع الحالات لها على الأكثر خلف واحد one successor، كما يكون هذا النظام غير محددا non–deterministic إذا كانت الحالة الواحدة على الأقل لها أكثر من خلف واحد.

وكمثال على الانتقالات الممكنة بين الحالات نأخذ المثال الشهير لعبة أبراج هانوي Towers of Hanoi puzzle فيما يلي.

مثال: لعبة ابراج هانوي بقرصين اثنين فقط Puzzle of Towers of Hanoi with only 2 disks

حل المسألة التالية معطى الحالتين الابتدائية والهدف:



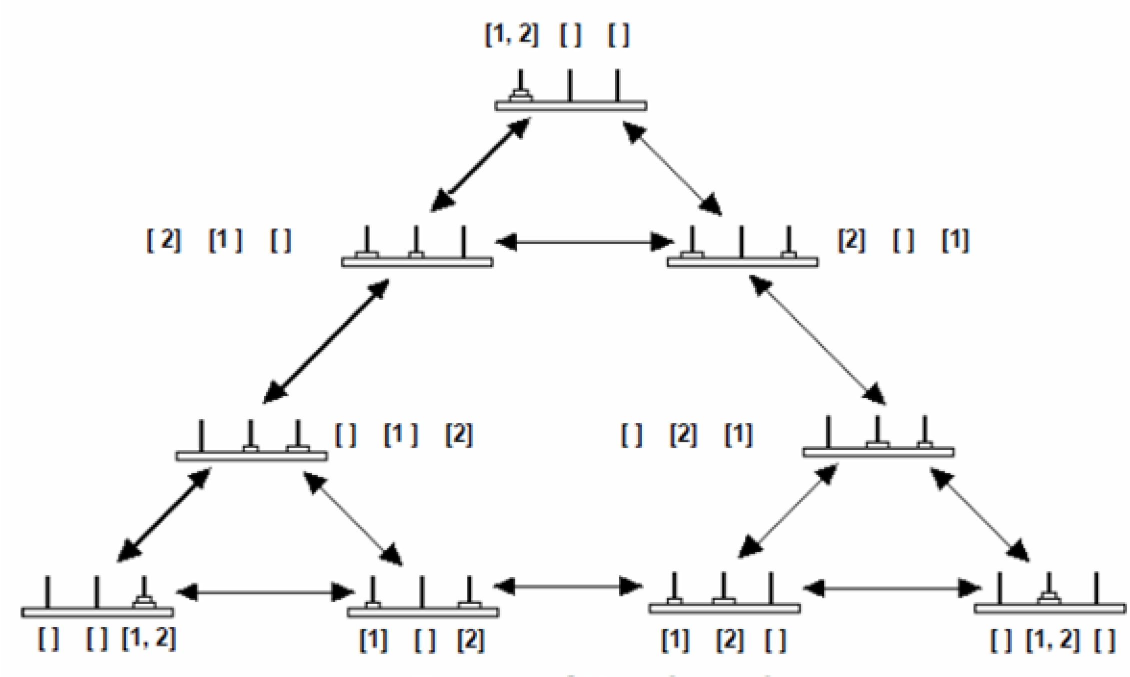
قم بتحريك الأقراص من الوتد في أقصى الشمال إلى الوتد في اقصى اليمين طالما التزمت بالشروط:

- لا تضع القرص الأكبر فوق القرص الأصغر.
- حرك قرص واحد في المرة، من وتد إلى آخر.
- الوتد الأوسط يمكن أن يستخدم كمخزن متوسط.

المطلوب: نفذ اللعبة لتحقق الهدف بأقل عدد ممكن من الخطوات.

فيما يلي جميع حالات الانتقال المحتملة في لعبة أبراج هانوي التي ت

حتوي على قرصين فقط:



Towers of Hanoi puzzle

وأقصر الحلول Shortest Solution هو متسلسلة من الحالات الانتقالية ابتداء من الحالة العليا في الشجرة (الحالة الابتدائية) لأسفل الشجرة وصولا الجزء الأدنى يسارا.

٢. تخفيض الهدف Goal Reduction:

إجراءات تخفيض الهدف هي حالة خاصة من العرض الإجرائي للمعرفة knowledge في الذكاء الاصطناعي، كتمثيل معتمد على المنطق logic-based representations بديلا عن التمثيل الصريح المباشر، أي عرض إجراءات المسالة بدلا من عرض كائناتها وخصائصها، كما سيأتي في موضوع: تمثيل المعرفة.

يتم تنفيذ عمليات هذه التقنية، بالتقسيم الهرمي للهدف المقصود، إلى أهداف جزئية أو فرعية sub-goals، أكثر من مرة، حتى نصل إلى الأهداف الجزئية التي تحتوي على حل مباشر، وبالوصول إليها نقول أن الهدف أصبح مقنعا.

ويتم توضيح خطوات هذه التقنية بصيغة الشجرية الثنائية البيانية، التي يتكون كل فرع فيها من احتمالين (يمين أو يسار)، ويربط بين هذه الفروع الصيغة المنطقية AND/OR، على أن ترسم هذه الشجرة من الأعلى لأسفل، وتتكون من:

مستويات الهدف Goal levels

الأهداف عالية المستوى هي أهداف عالية في مستواها بالشجرة، والأهداف منخفضة المستوى هي أهداف منخفضة في مستواها بالشجرة، أي هي أهداف جزئية من الأهداف الأعلى.

الخطوط أو الأقواس Arcs

هي خطوط تتوجه من المستويات الأعلى للأسفل، يبدأ كل قوس وينتهي في النقطة node الطرفية، وذلك لتمثيل تخفيض الهدف عالي المستوى إلى هدف فرعي منخفض المستوى.

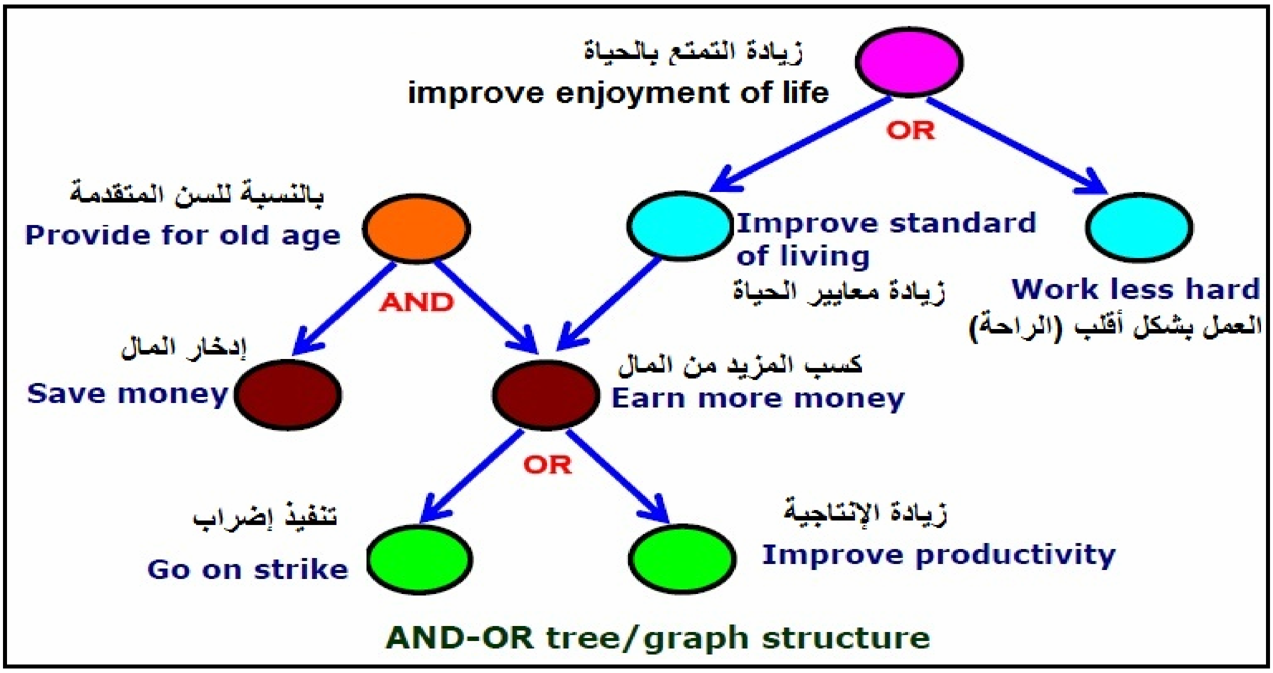
النقطة node

هي الأهداف الفرعية المحددة في أسفل الشجرة التي تمثل الأهداف الفعلية غير الممكن تخفيضها action goals.

ويتم استخدام بنية الشجرة البيانية الثنائية (و/أو) AND-OR tree/graph من أجل تمثيل العلاقات بين الأهداف والأهداف الفرعية، والأهداف الفرعية البديلة و الأهداف الفرعية المشتركة، كما سيوضح المثال التالي.

مثال يوضح تقنية تخفيض الهدف Goal Reduction

فيما يلي مثال لشجرة بيانية ثنائية أو/ و، لتمثيل مجموعة من الحقائق facts مثل: التمتع، كسب/إدخال المال، السن المتقدمة...الخ، وهي مفاهيم يمكن تمثيلها بهذه التقنية أكثر من غيرها، لكونها غير معتمدة على المنطق البسيط وليست صريحة تماما. و المسألة هي : كيف يزداد التمتع بالحياة؟،



AND-OR tree/graph structure

أما الإجابة فبعد تخفيضها نحصل على الإجابات التي يوضحها الشكل السابق.

البنية الشجرية السابقة تصف التالي:

- العلاقة الهرمية بين الأهداف والأهداف الفرعية:

إن الحالة "going on strike" هي هدف فرعي sub-goal للهدف "earning more money" الذي يمثل هدفا فرعيا للهدف "improving standard of living"، فيما يمثل هذا الأخير هدفا فرعيا للهدف "improving enjoyment of life".

- طرق بديلة لمحاولة تحديد الهدف Alternative ways of trying to solve a goal:

إن الحالة "going on strike" و الحالة "increasing productivity" هي طرق بديلة لهدف الحصول على المال "earn more money"....وهكذا بالنسبة للحالات الأخرى.

- الأهداف الفرعية المرتبطة أو المشتركة Conjoint sub-goals:

من أجل أصحاب السن المتقدمة "provide for old age" ، لا نحتاج فقط أن نكسب مال أكثر "earn more money"، وإنما نحتاج أيضا أن ندخر المال "save money".

ومن المثال السابق نجد أننا حصلنا في النهاية بعد تقليص الهدف إلى الإجابات الأربعة في النقاط الطرفية، التي ترتبط بالارتباطات المنطقية أو/و، بحيث يمكن أن نصوغها بالشكل:

المسألة: كيف يزداد التمتع بالحياة؟

الإجابة من الأعلى إلى أسفل كصياغة منطقية:

العمل بشكل أقل (الراحة) **أو** (**ادخار المال و** (تنفيذ إضراب بالعمل أو زيادة الإنتاجية))، أو بأسلوب اللغة الطبيعية :

(ليزداد التمتع بالحياة، عليك أن تطالب بزيادة راتبك عبر الإضراب عن العمل، أو بزيادة إنتاجيتك (في عملك أو بأوقات إضافية)، ومع هذا يجب ادخار المال، أو (وإلا) اختر لنفسك عمل أقل مجهود).

مع الإشارة إلى الرؤية المادية الظاهرة في هذه الإجابة، فالقضية الأولى من قضايا الذكاء الاصطناعي، هي أتمتة التفكير المادي للإنسان، أما الجانب النفسي والروحي فهي قضية أكثر تعقيدا لا يبدو أن مسائل الذكاء الاصطناعي تهتم بها في العصر الحالي، إلا بعد حل اغلب مسائل القضية الأولى.

٣. تقنيات شرط الرضا Constraint Satisfaction Techniques

القيد أو الشرط constraint هو علاقة منطقية خلال عدة متغيرات مثلا: "رسم الدائرة داخل المربع"، وهي مسالة هندسية شهيرة، تحتاج إلى تطبيق مجموعة من الشروط متعلقة بالمربع وبالدائرة. فالشروط تربط الكائنات بدقة، بدون تحديد الموقف منها أو حذف أي كائن، لتظل العلاقة سليمة.

قيد أو شرط الرضا Constraint satisfaction:

هي عملية إيجاد حل لمجموعة من القيود/الشروط، بحيث تحدد الشروط القيم المسموح بها للمتغيرات، ولإيجاد الحل يتم تقييم هذه المتغيرات لفحص مدى مطابقتها لشروط الرضا Satisfaction، أو شروط القبول.

مسألة شرط الرضا وحلها Constraint Satisfaction Problem (CSP) and its solution:

- تتكون مسألة شرط الرضا (CSP) من:

‡ المتغيرات، مجموعة المنتهية $X = \{x_1 , ... , x_n \}$.

‡ النطاق، المجموعة المنتهية D_i للقيم المحتملة التي يمكن أن يأخذها المتغير x_i .

‡ الشروط، مجموعة من القيم التي تحدد مطابقة المتغيرات للشروط في نفس الوقت، مثلا (D1 != D2).

- حل المسألة CSP كارتباط بين القيم من النطاق المحدد إلى جميع المتغيرات التي تطابق أو تناسب كل قيد، ويمكن أن يكون:

‡ حل واحد مقبول، دون أن نحدده بالضبط.

‡ جميع الحلول مرضية ومقبولة.

‡ الحل المثالي او الحل الجيد، مسألة الشرط المثالي Constraint Optimization Problem (COP).

توجد تطبيقات كثيرة لتقنية شرط الرضا Constraint satisfaction، في الذكاء الاصطناعي ومجالات كثيرة مثل لغات البرمجة Programming Languages والحوسبة الرمزية Symbolic Computing والمنطق الاحتسابي Computational Logic .

مثال لعبة الملكات-ن N-Queens puzzle

ليكن لدينا عدد صحيح N من الملكات في رقعة شطرنج أبعادها N*N، يتم وضعها بحيث تحقق شرط الرضا وهو أن لا تهدد ملكة أي ملكة أخرى في الرقعة، ويكون ذلك عندما تكون ملكتان متقابلتان في نفس الصف أو العمود أو بشكل مائل.

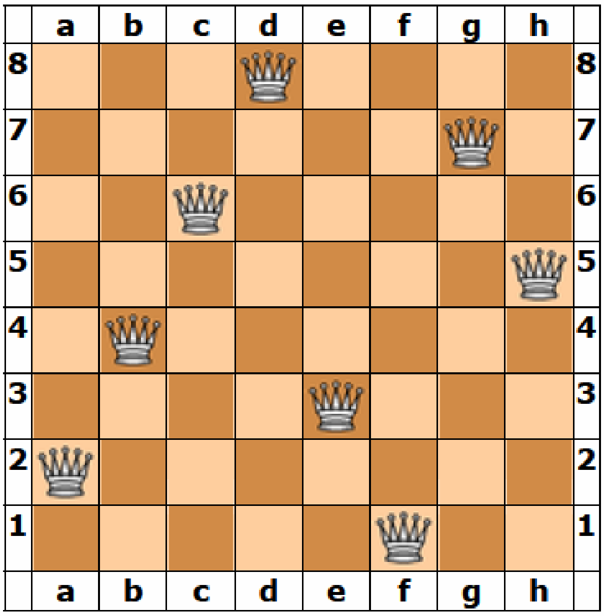
الحل: من أجل نمذجة هذه المسألة

- لنفترض أن كل ملكة في عمود مختلف عن الأخرى.
- لنربط المتغيرات Ri (i = 1 to N) بالملكة في العمود رقم i، مع تحديد موقع الملكة في الصف.
- ولنطبق شرط عدم التهديد بين كل زوج من القطع Ri و Rj ، ولنطور بعدها الخوارزمية.

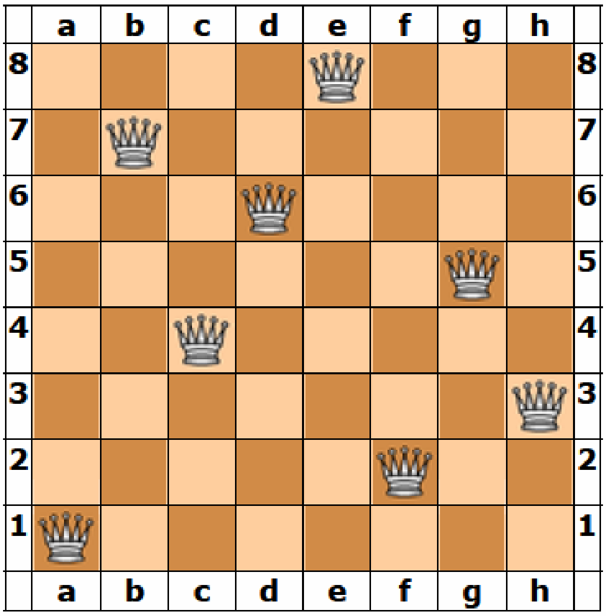
مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

مثال : لعبة الملكات الثمان 8 – Queens puzzle

بالنظر إلى الشكل أدناه، قيمة N=8، وبتجربة الحلول الممكنة نجد أن لعبة الملكات الثمان تحتوي على ٩٢ حل مختلف، بالطبع توجد حلول متناظرة، أي تتطابق لو قمنا بعكس الرقعة أو تدويرها، ولو قمنا باحتساب الحلول المتناظرة كأنها حل واحد، نجد أن اللعبة لها ١٢ حلا وحيدا، وفقط حلين منهما معروضان أدناه.



Unique solution 1



Unique solution 2

شكل يوضح حلين مختلفين للعبة الملكات الثمان

مثال: تلوين الخريطة Map Coloring

معطى خريطة رسومية (أو بيانية graph) وعدد من الألوان، المسألة هي كيف نربط الألوان بتلك المساحات في الخريطة، (ينظر لها كنقاط)، بحيث يتحقق الشرط الذي يقتضي منع أن ترتبط نقطتين (مساحتين) متجاورتين بنفس اللون.

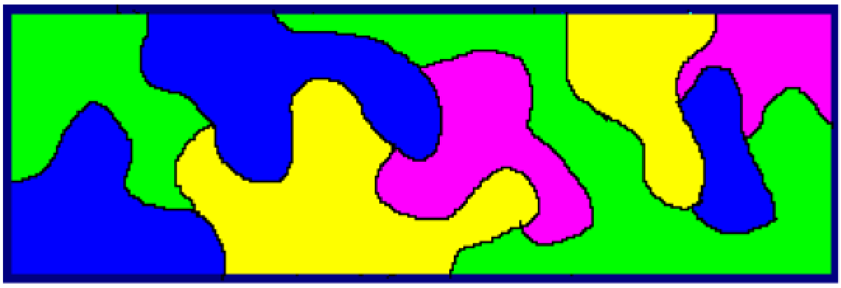
الحل:

من أجل أن تنمذج مسألة تلوين الخريطة:

- نقوم بتسمية كل نقطة (مساحة) في الخريطة بمتغير (نطاق المتغيرات يكون مناظر لمجموعة الألوان).
- نقدم شرط عدم تساوي قيم أي متغيرين يسميان نقطتين متجاورتين.

نظرية الألوان الأربعة Four Color Theorem:

تنص هذه النظرية على أنه يكفي لرسم أي خريطة أن نستخدم أربعة ألوان مختلفة فقط، بحيث تكون المناطق، التي لها حدود عامة مشتركة، ملونة بألوان مختلفة.



خريطة رباعية الألوان

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

٤. تقنية شجرة البحث Tree Searching

إن كثير من المسائل يمكن توصيفها بتقنية شجرة البحث، مثل تخفيض الهدف، وحل المسألة يكون بإيجاد مسار مناسب خلال الشجرة، يحقق الهدف الذي يسعى إليه حل المسألة، ويسمى البحث من خلال الشجرة كاملة، حتى نجد المسار المناسب، بالبحث الشامل exhaustive search.

استراتيجيات شجرة البحث Tree search strategies

البحث بالعمق أولا Depth–first search

ويسمى أيضا بالبحث الرأسي، وفيه نفترض أن أي مسار path كامل، هو أفضل من أي مسار آخر، في كل نقطة من الشجرة، نقوم بأخذ أي مسار، وفحصه للأمام حتى إيجاد الحل، أو الوصول إلى نقطة ميتة dead end (نقطة لا يوجد بعدها نقاط فرعية)، وفي حالة الوصول إلى نقطة ميتة، يتم التتبع الخلفي إلى أقرب نقطة في الشجرة يكون فيها تفرع آخر لم نسر فيه بعد، ونختبر ذلك المسار حتى نهايته.

عملية التتبع الخلفي backtrack يمكن أن يكون على نوعين، هما المتزامن والمعتمد، فالتتبع الخلفي المتزامن Chronological backtracking: يكون التراجع فيه عن كل شيء، عندما نتحرك عكس المسار (لأعلى الشجرة)، حتى الوصول إلى النقطة node المناسبة، أما التتبع الخلفي المعتمد Dependency directed backtracking: فلا يتم التراجع إلا عن خيارات الانسحاب والتراجع فقط، أي تلك التي تعتمد على النهاية الميتة.

إستراتيجية البحث تسلق التل Hill climbing: يشبه إستراتيجية البحث الرأسي، لكنه يطبق بعض القرارات الكمية/الحسابية quantitative decision على المسار (الأكثر احتمالا)، لكي يتم إتباعه في نقطة معينة.

البحث بالعرض أولا Breadth–first search: ويسمى أيضا بالبحث الأفقي، البحث عن الحل من خلال جميع النقاط nodes في مستوى محدد، قبل الاستمرار بالبحث في المستويات الأدنى.

البحث الشعاعي Beam search: هذه الإستراتيجية تشبه إستراتيجية البحث الأفقي السابقة، من جهة البحث (مستوى مستوى level by level)، لكنها تختار فقط في كل مستوى، تلك النقاط الأكثر احتمالا للوصول إلى الحل، بدلا من البحث في أي نقطة تمر منها.

البحث عن الأفضل أولا Best–first search: تشبه طريقة البحث الشعاعي لكنها تستمر فقط من النقطة الأكثر احتمالا من كل مستوى.

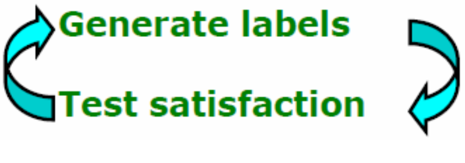
٥. تقنية افترض واختبر (GT) Generate and Test

اغلب الخوارزميات المستخدمة لحل مسألة شرط الرضا (CSPs) تبحث بطريقة منتظمة من خلال مجموعة من القيم الممكنة الارتباط. فخوارزمية حل مسألة شرط الرضا تضمن إيجاد حل، إن كان موجودا، أو إثبات عدم وجود حل لتلك المسألة. ولكن عيبها هو أخذها وقت طويل لفعل ذلك.

طريقة افترض–ثم–واختبر Generate-and-test method

تخمن هذه الطريقة في البداية الحل، ومن ثم تختبر ما إذا كان هذا الحل صحيحا، بمعنى أن تحقق شرط الرضا، ولكن بأسلوب توليد الحلول المفترضة ثم اختبارها.

The algorithm is



وهذا النموذج مكون من مرحلتين:

- توليد (مولد Generator) فيقوم المولد بسرد الحلول الممكنة كافتراضات hypotheses.
- اختبار تلك الحلول من أجل تقييم كل واحد من الحلول المقدمة، حتى الوصول إلى الحل المناسب.

عيوب هذه التقنية:

١) ليست بالغة الكفاءة Not very efficient، فهي تنتج قيم كثيرة، تكون مرتبطة خطئا بالمتغيرات، التي ترفض في مرحلة الاختبار لاحقا.

٢) مولد الافتراضات يترك الحالات المتضاربة ويقوم بتوليد ارتباطات أخرى بشكل مستقل عن ذلك التعارض.

٣) ومن أجل رفع الكفاءة، تحتاج هذه التقنية إلى دعم بطرق أخرى مثل التتبع الخلفي backtracking approach.

وكمثال على هذه التقنية: مسألة فتح مجموعة مغلقة من العناصر، بدون معرفة محتوى المجموعة.

٦. تقنية نظم قاعدة القوانين Rule-Based Systems (RBSs)

قاعدة القوانين Rule-Based: هي مجموعة القواعد المنطقية الموجودة في سجل معين.

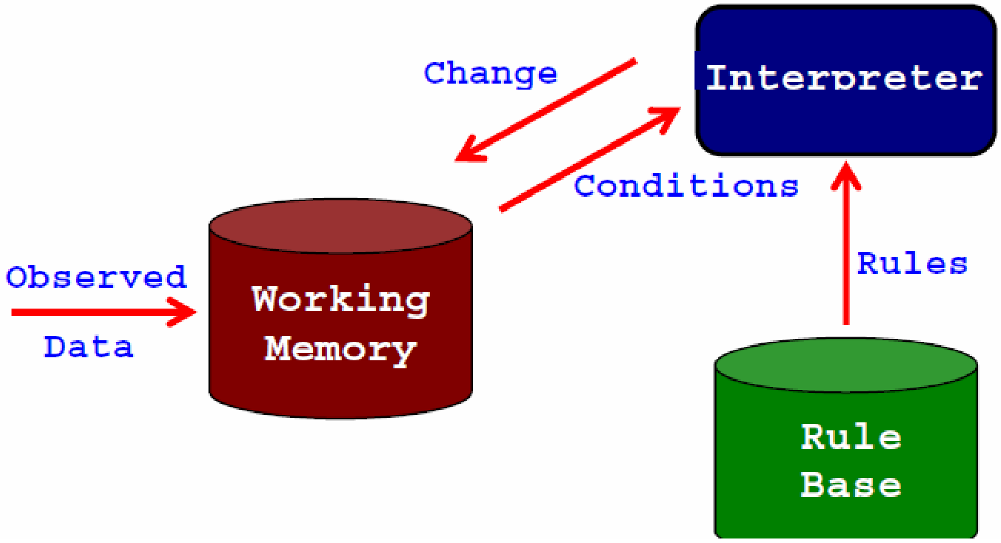
ونظم قاعدة القوانين Rule-based systems هي أسهل وانجح تقنيات الذكاء الاصطناعي:

- قواعد من الشكل: IF <condition> THEN <action> .
- ترتب هذه القواعد عادة بشكل هرمي وفق شجرة (و/أو) "and/or" trees.
- عندما تكون كل شروط القوانين متحققة وصحيحة يتم تنفيذ (إطلاق) القانون rule is triggered.

مكونات نظم قاعدة القوانين RBS Components

يوضح الشكل التالي مكونات نظام قاعدة القوانين وهي:

الذاكرة العملية أو الفاعلة Working Memory وقاعدة القوانين Rule Base والمفسر Interpreter .



RBS Components

وصف مكونات نظم قاعدة القوانين RBS components – Description

ذاكرة العمل Working Memory (WM)

هي ذاكرة تخزين تحتوي على حقائق عن العالم المشاهد أو حقائق مشتقة من القوانين، وتسجل فيها بشكل ثلاثي بالصورة: < object, attribute, values >.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

مثال: < car, color, red > والتي يقصد بها "The color of the car is red".

وتحتوي أيضا على المعارف المؤقتة عن جلسات حل المسائل problem–solving session. كما يمكن تعديل محتواها بواسطة القواعد.

قاعدة القوانين (Rule Base (RB

تحتوي قاعدة القوانين على مجموعة من القوانين كل واحد منها يشكل خطوة من خطوات حل المسائل، وقاعدة القوانين هي ميدان المعرفة المعتمد عليه ولا يتم تعديل محتواه إلا من خارج النظام.

صيغة القانون Rule syntax هي من الشكل <IF <condition> THEN <action، مثلا:

IF <(temperature, over, 20> THEN <add (ocean, swimable, yes)>

وفي حالة كانالشرط مطابقا لذاكرة العمل و محققا عندئذ يطبق القانون.

الأنشطة التي تطبق على قاعدة القوانين هي:

إضافة حقائق إلى ذاكرة العمل	"Add" fact(s) to WM
حذف حقائق من ذاكرة العمل	"Remove" fact(s) from WM
تعديل حقائق في ذاكرة العمل	"Modify" fact(s) in WM

المفسر Interpreter

هي الآلية الميدانية المستقلة للتفسير في نظم قاعدة القوانين، التي تختار قانونا من قاعدة القوانين RB وتطبقه بواسطة إنجاز الأحداث. وهي تشغل على شكل حلقة تكرارية:

١- الاسترجاع Retrieval: إيجاد القوانين التي تتطابق مع الموجودة في الذاكرة العملية.

٢- التحسين Refinement: تهذيب وتسجيل وتشذيب الاضطرابات أو التناقضات.

٣- التنفيذ Execution: تنفيذ تحسينات القوانين في مجموعة القوانين المتضاربة، ومن ثم تطبيق القوانين.

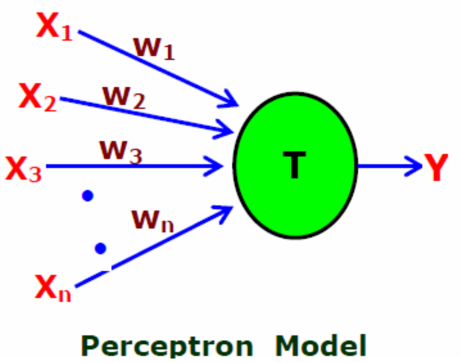
٢) التقنيات التي تستخدم علم البيولوجي Biology–inspired AI techniques:

١. الشبكات العصبية (Neural Networks (NN

تنمذج الشبكات العصبية الاصطناعية التعليم العقلي بواسطة الأمثلة، محاكية عمل الشبكات العصبية الطبيعية في طريقة العمل، وهي تركيبات معينة تتدرب من أجل التعرف على أنماط الإدخال الأنسب، بحيث تأخذ شعاع أو متجه من قيم المدخلات وتعطي متجه من قيم المخرجات، وفي داخل الشبكة العصبية يتم التدريب علي أوزان (قيم) النيرونات "neurons".

البيرسيبترون Perceptron هو نموذج من عدد النيرونات الوحيدة القابلة للتعليم `trainable'، الموضحة في الشكل أدناه:

- $x_1, x_2, \ldots, x_n$ هي المدخلات كأعداد حقيقية أو منطقية (بوليانية) إعتمادا على نوع المسألة.
- الأوزان $w_1, w_2, \ldots, w_n$ هي أوزان الحواف (edges weights of the)، وتكون قيم حقيقية.
- T هي العتبة (threshold) وتكون قيمة حقيقية.
- Y هي المخرجات الخاصة بالبيرسبترون وتكون قيمتها منطقية (بوليان).



Perceptron Model

إذا كانت مدخلات الشبكة التي هي :

$w_1 x_1 + w_2 x_2 + \ldots + w_n x_n$

اكبر من العتبة T عندئذ تكون المخرجات Y تساوي ١ وإلا فقيمة Y تساوي ٠.

تستخدم الشبكات العصبية التعليم المراقب supervised learning، الذي يكون فيه المدخلات والمخرجات معروفة وذلك من أجل هدف محدد، هو بناء تمثيل للدالة التي سوف تعطي تقرب قيم تحويل المدخلات إلى مخرجات.

٢. الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms (GA)

تعتبر الخوارزميات الجينية جزء من الحوسبة التطورية، المجال سريع النمو في الذكاء الاصطناعي.

والخوارزميات الجينية تنفذ كمحاكاة في الحاسوب حيث يتم استلها التقنية من البيولوجيا التطورية.

آليات عمل البيولوجيا التطورية Mechanics of biological evolution

كل نظام حي organism يحتوي على مجموعة من القوانين التي تصف كيف يكبر ذلك النظام حي، وتسجل هذه القوانين في الجينات الخاصة الكائن الحي كرموز. ترتبط الجينات genes مع بعضها البعض في سلاسل طويلة تسمى كروموسومات chromosomes. كل جين gene يمثل ميزة trait محددة للكائن الحي، ويمكن أن يأخذ اي قيمة من مجموعة من الأوضاع setting، مثلا أوضاع جين لون الشعر يمكن أن تكون سوداء أو بنية. وتسمى الجنيات وإعداداتها بالنوع الجيني للكائن الحي organism's genotype. عندما يتزاوج اثنان من الأحياء يشتركان جيناتهما في الذرية offspring بشكل مختلف، بحيث ربما تنتهي بالحصول على نصف جينات كل والد، هذه العملية تسمى بالعبور cross over. ويمكن أن يتم تحول mutated للجين، ومن ثم يظهر في الكائن كميزة جديدة تماما.

وهكذا نستطيع أن نعرف الخوارزمية الجينية Genetic Algorithms بأنها:

هي طريقة محوسبة لحل المسائل بواسطة تقليل العمليات، والاستخدام الطبيعي، والاختيار، والعبور، والتحول، والقبول لتطوير حل المسألة.

خطوات الخوارزمية الجينية Genetic Algorithm Steps ، وتتلخص هذه الخطوات بالتالي:

١) **البدء [Start].**

٢) **التهيئة/الملائمة [Fitness].**

٣) **الإنجاب [New population]:**

(a) [Selection] , (b) [Crossover], (c) [Mutation], (d) [Accepting]

٤) **التبديل [Replace].**

٥) **الاختبار [Test].**

٦) **التكرار [Loop].**

فيما يلي توضيح بسيط لكل واحدة من هذه الخطوات:

١) البدء [Start]:

توليد الكائنات الحية سكان population عشوائيا لعدد n كروموسوم (مورث) (ويستخدم أي ترميز مناسب للحل حسب المسالة).

٢) التهيئة/الملائمة [Fitness]:

تقييم دالة الملائمة **f(x)** لكل كروموسوم **x**، من السكان الذين تم توليدهم.

٣) الإنجاب [New population]:

إنتاج سكان جدد بتكرار الخطوات التالية حتى تنتهي عملية إنتاج السكان:

١. الاختيار/الانتقاء[Selection]:

اختيار كروموسومات أبوين parent، من السكان المحددين، حسب درجة الملائمة fitness .

٢. العبور [Crossover]:

مع الأخذ باحتمال نتائج التزاوج/العبور، ينتج من هذه العملية ذرية جديدة offspring، وإن لم يحدث العبور تكون الذرية نسخ مباشرة للوالدين.

٣. التحول [Mutation]:

مع الأخذ باحتمالات التحور أو التحول، يتم تحول الذرية الجديدة في كل موضع من مواقعها في الكروموسوم.

٤. القبول [Accepting]:

يتم وضع الذرية الجديدة في السكان الجدد.

٤) التبديل [Replace]:

استخدام السكان الجدد الذي تم إنتاجهم من تنفيذ إضافي للخوارزمية.

٥) الاختبار [Test]:

إذا كان الشرط النهائي مطابقا، يتم التوقف ثم العودة بأفضل الحلول من السكان الحاليين.

٦) التكرار [Loop]:

اذهب إلى الخطوة الثانية.

وتستخدم الخوارزميات الجينية التعليم غير المراقب unsupervised learning، الذي تكون فيه الإجابة الصحيحة غير معروفة مسبقا، على عكس الشبكات العصبية التي تكون الإجابة معروفة لكننا نطمح إلى تحسين دالة التمثيل.

٣. التعليم المعزز (Reinforcement Learning (RL

وهو التعليم عن طريق التفاعل مع البيئة interaction with an environment، فيكون التعليم بأحداث متعاقبة فضلا عن التعليم الصريح. وتنفذ هذه التقنية بواسطة إطار رياضي إحصائي هو خطوات قرار ماركوف Markov decision processes (MDPs).

نموذج التعليم المعزز RL الأساسي يتكون من: مجموعة حالات البيئة "environment states – S"، ومجموعة من الأحداث "actions – A"، ومجموعة من المدرجات المكافئات "rewards – R".

يتفاعل عميل اتخاذ القرار decision–making agent مع بيئته كثيرا، من أجل زيادة المكافئة التي ينالها خلال الزمن، وذلك بعدة خطوات:

- في أي زمن t، يتحسس العميل حالة البيئة st، ومجموعة الأحداث الممكنة A(st).
- نختار حدثا a بحيث يكون a ∈ A(st)، ونسجل الحالة الجديدة من البيئة st+1، والمكافأة الجديدة rt+1.
- بالاعتماد على هذه التفاعلات مع البيئة، يطور العميل الأسلوب π بحيث ($\pi : S \rightarrow A$)، الذي يزيد كمية المكافآت $R = r_0 + r_1 + . . + r_n$، من أجل العملية MDPs.

تركز طريقة التعليم المعزز (او التعليم المقوى)، على مسائل من نوع التعليم وصناعة القرار، التي يواجهها الناس في معيشتهم اليومية العادية.

فروع الذكاء الاصطناعي Branches of AI

الذكاء الاصطناعي المنطقي	Logical AI
البحث في الذكاء الاصطناعي	Search in AI
التعرف على الأنماط	Pattern Recognition
تمثيل المعرفة	Knowledge Representation
الاستدلال	Inference
التفسير ومعرفة الحس العام	Common sense knowledge and reasoning
التعلم	Learning
التخطيط	Planning
نظرية المعرفة	Epistemology
علم الوجود	Ontology
طرق الاكتشاف	Heuristics
البرمجة الجينية	Genetic programming

١) الذكاء الاصطناعي المنطقي Logical AI

المنطق هو لغة التفسير reasoning، مجموعة من القوانين المستخدمة أثناء التفسير المنطقي.

أنواع المنطق Types of logic:

- المنطق الخبري Propositional Logic: هو منطق الجمل المترابطة، الجمل المنطقية.
- المنطق ألإسنادي Predicate Logic: هو منطق الجمل الاحتسابية كعلاقة بين كائنات.
- المنطق الذي يشمل حالات عدم التأكد uncertainties .
- المنطق المشوش/الغامض Fuzzy Logic: هو منطق يتعامل مع الحالات الغامضة والاحتمالية غير القاطعة.
- النطق المؤقت Temporal logic...وأنواع أخرى.

المنطق الخبري والمنطق الإسنادي هما أساس جميع أنواع المنطق.

المنطق الخبري Propositional logic

هي مسائل تمثل بجمل "Sentences" خبرية، تكون إما صائبة true أو خاطئة false ، وليس كلاهما. وتعتبر الجملة هي الوحدة الأصغر للمنطق الخبري، وعندما تكون صائبة فهي تأخذ القيمة "true" وإلا فهي خاطئة "false":

If proposition is true, then truth value is "true"; else "false"

مثلا الجملة "Grass is green" إذا كانت قيمة صوابها "true " فهذا يعني أن تخبرنا بنعم.

المنطق الإسنادي Predicate logic :

الإسناد هو دالة قد تكون صائبة أو خاطئة وذلك وفق عواملها، ويمثل المنطق الاسنادي قوانين يسيطر عليها بمقاييس كمية quantifiers ، فالمنطق الاسنادي هو منطق خبري مضافا إليه المقاييس الكمية.

أمثلة:

1- "The car Tom is driving is blue"

2- "The sky is blue"

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

3- "The cover of this book is blue"

هذه الجمل التي تمثل منطقا خبريا، نحولها إلى منطق إسنادي كالتالي:

بالنسبة للجملة 1 نقوم بإعطاء الإسناد is blue الاسم الرياضي B، فإذا قمنا بصياغة المنطق الإسنادي B(x)، فهذه الجملة الاسنادية B(x) تقرأ خبريا "x is blue"، ونمثل الكائن بالرمز x، فتتحول الجملة 1 إلى الشكل الإسنادي التالي:

" The sky is blue" ⇔ B(x) : x= "the sky"

٢) البحث في الذكاء الاصطناعي Search in AI

البحث هو تقنية حل المسائل problem-solving technique، التي تأخذ بالاعتبار بشكل منظم كل الأحداث الممكنة، من أجل إيجاد مسار من الحالة الابتدائية initial state إلى الحالة الهدف target state .

تقنيات البحث كثيرة، ولكن أهمها كما أوضحنا سابقا:

البحث الرأسي	Depth first
البحث كتسلق الجبل (أو البحث الأعمى)	Hill climbing
البحث الأفقي	Breadth first
البحث بأقل تكلفة	Least cost

مكونات البحث Search components :

الحالة الابتدائية Initial state وهو الموقع الأول في شجرة البحث First location .

الأحداث المتاحة Available actions والدوال الأبناء Successor function: الحالات القابلة للوصول.

اختبار الهدف Goal test : هي شروط من أجل التأكد من تحقيق الهدف.

كلفة المسار Path cost : هي كلفة التسلسل من الحالة الابتدائية الى الحالات التي وصل إليها.

هدف البحث Search objective :

الانتقال من الحالة الابتدائية إلى الحالة الهدف بإيجاد سلسلة الأحداث المناسبة.

حل مسألة البحث Search solution

هو المسار من الحالة الابتدائية إلى الهدف، ويكون مثاليا إذا كانت التكلفة منخفضة.

٣) التعرف على الأنماط (PR) Pattern Recognition

هو من أهم الفروع العلمية الحديثة ولهذا تم تعريفه من أكثر من مصدر.

- من Duda and Hart:

هو العلاقة الرابطة بين الكائنات أو الأحداث المادية وبين واحد أو أكثر من التصنيفات المحددة مسبقا.

- من Schalkoff:

هو العلم الذي يهتم بوصف أو تصنيف التعرف على المقاييس

- من Schürmann:

هو عملية إعطاء أسماء (س) للملاحظات (ص).

- التعرف على الأنماط هو الاهتمام بإجابة السؤال (ما هو هذا؟).
- من Fukunaga:

هو مسألة تقدير دوال الكثافة الاحتمالية في فضاء عالي الأبعاد وتقسيم الفضاء إلى مناطق من المجاميع أو التصنيفات.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

مسائل التعرف على الأنماط:

- رؤية الآلة Machine vision، التفتيش المرئي Visual inspection.
- التعرف على الرموز Character recognition.
- التشخيص بمساعدة الحاسوب Computer aided diagnosis.
- التعرف على الكلام Speech recognition.

منهجيات التعرف على الأنماط Approaches for Pattern recognition

- مطابقة القالب Template Matching
- التصنيف الإحصائي Statistical classification
- المطابقة التركيبية والإعرابية Syntactic or Structural matching

مطابقة القالب Template Matching

تقوم هذه المنهجية بمطابقة القالب المخزن مسبقا، مع الأخذ بالاعتبار تغيرات الترجمة والتدوير والتكبير، وقياس التشابه والترابط بالاعتماد على مجموعة التدريب.

التصنيف الإحصائي Statistical classification

يتم تمثيل كل واحد من الأنماط بصيغة مميزات أو مقاييس، وتعرض كنقطة في فضاء من البعد (د)، وتستخدم مجموعات التدريب لتأسيس حدود القرارات المختلفة في فضاء المميزات، وذلك بإتباع منهجيات تحليل مميزات أو نظريات القرار.

المطابقة التركيبية والإعرابية Syntactic or Structural matching

النمط المركب يتكون من أنماط فرعية sub-patterns وعلاقات بينها، وهي نفسها مكونة من أنماط جزئية أساسية بسيطة تسمى الجذور primitives، وتعرض الأنماط بشكل جمل معتمدة على اللغة، وتعرض الجذور بشكل حروف هجائية، وتولد الجمل اعتمادا على قواعد اللغة grammar.

وبهذا يمكن وصف أعداد كبيرة من الأنماط المركبة بواسطة عدد أقل من الجذور وقواعد اللغة، ويتم الاستدلال على قواعد أي نمط مصنف بالاستدلال من الأمثلة التدريبية.

وتعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية Neural networks واحدة من أهم تقنيات التعرف على الأنماط.

تطبيقات تتطلب التعرف على الانماط Applications requiring Pattern recognition :

Man and Machine Diagnostics
تشخيصات الآلة والبشر

Seismic Analysis
تحليل الزلازل

Industrial Inspection
الفحص الصناعي

Computer Vision
رؤية الحاسوب

Financial Forecast
التنبوء المالي

Medical Diagnosis
التشخيص الطبي

Image Processing / Segmentation
تقسيم ومعالجة الصور

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

٤) تمثيل المعرفة Knowledge Representation

كيف نقوم بتمثيل ما نعرف؟ How do we represent what we know?

المعرفة هي مجموعة من الحقائق، ويتطلب الامر طرق تمثيل مناسبة، للتعامل مع هذه الحقائق بواسطة برنامج، والتمثيل الجيد يسهل حل المسائل.

تقنيات صياغة تمثيل للمعرفة Knowledge representation formalisms (techniques)

الأنواع المختلفة للمعرفة تتطلب أنواعا مختلفة لتمثيلها:

المنطق الإسنادي Predicate logic

الإسناد هو دالة قد تكون صائبة لبعض الوسائط التي تمرر لها، وخاطئة لوسائط أخرى.

شبكات الدلالة Semantic networks

شبكة الدلالة هي فقط مخطط بياني graph، حيث كل نقطة تمثل مفاهيم concepts، والأقواس تمثل العلاقة الثنائية بين مفهومين.

الإطارات والنصوص Frames and scripts

الإطار frame هو بنية أو هيكل بيانات data structure يتكون من : اسم الإطار Frame name، العلاقات المستهدفة، المؤشرات والوصلات إلى الإطارات الأخرى، وإجراءات التمثيل (التلقائي، التوريث، التجانس).

النصوص scripts تربط بين الجمل باستخدام هياكل تشبه الإطار frame-like، مثلا سجل لسلسلة الأحداث لنوع معين من الظواهر occurrence.

قوانين الإنتاج Production rules

تتكون قوانين الإنتاج من مجموعة من القوانين حول التصرفات أو السلوكيات، يتكون الإنتاج من جزأين: الشرط المسبق (أو IF) و الفعل (أو THEN). وإذا كان الشرط المسبق متحققا مع الحالة الحالية للوسط/البيئة، فإنه يتم تنفيذ الشرط المسبق.

٥) الاستدلال Inference

الاستدلال هو حدث أو عملية الحصول على استنتاج بالاعتماد المجرد على ما يعرفه المرء من قبل، حيث يتم حسم حقائق جديدة من القديمة، ويسجل الاستدلال منطقيا.

الاستدلال الاستنتاجي Deductive Inference

لا يكون هذا النوع من الاستدلال خاطئا، فهو صائب بمجرد كانت مقدمته المنطقية صائبة، ويعتمد عليه في المنطق التقليدي traditional logic، فهو طريقة الاستدلال الصارم، إذ من المستحيل الخطأ إذا كان تتبع القوانين دقيقا.

يتطلب الاستدلال الاستنتاجي معلومات كاملة ودقيقة ومتسقة، ويكون المنطق قويا هنا إذا لم يتغير صواب الجمل الخبرية عند إضافة معلومات جديدة إلى النظام.

الاستدلال الاستقرائي Inductive Inference

قد يكون هذا النوع من الاستدلال صحيحا او غير صحيحا، لأنه في الواقع تكون المعلومات غير كاملة، غير مضبوطة، وغير متسقة، يكون المنطق استقرائيا أو تفسيريا، إذا كانت عملية التفسير التي تحتوي على المقدمة المنطقية مصدقة في دعمها للاستنتاج، لكنها لا تؤكد الاستنتاج. ويكون المنطق ضعيفا إذا تغير صواب الجمل الخبرية عند إضافة أو حذف معلومات جديدة من أو إلى النظام، ويرسم المستنبط reasoned الاستنتاجات مؤقتا، مع حفظ حق التراجع عنها على ضوء المعلومات المستقبلية.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

مثلا: عندما نسمع صوت طائر ما، نستدل كبشر أن ذلك الطائر يستطيع الطيران، لكن هذا الاستنتاج يمكن عكسه أو نقضه، عندما نسمع أن ذلك الطائر بطريق، فطائر البطريق لا يستطيع الطيران.

٦) التفسير ومعرفة الحس المشترك Common Sense Knowledge and Reasoning

الحس المشترك هو المهارات الذهنية المتوفرة لأغلب الناس. وهو القدرة على تحليل الحالة اعتمادا علي سياقها.

فالناس يفكرون People can think لأن الدماغ البشري يحتوي على مكتبة واسعة من معرفة الحس المشترك، ويحتوي على شيء من تنظيم المعرفة، واكتسابها واستخدام أي وحدة من وحدات المعرفة.

والحاسوب لا يستطيع التفكير Computer can not think: فبرامج الحاسوب تؤدي اشياء كثيرة، فهي تلعب الشطرنج بمستوى افضل اللاعبين، لكنها لا تستطيع تطبيق قدرات طفل ذي ثلاث سنوات في تنظيم الاشياء والتعلم، وحاليا تفتقر الحواسيب إلى الحس المشترك.

وقد قسم الباحثون الحس المشترك إلى:

معرفة الحس المشترك Common sense knowledge

تفسير الحس المشترك Common sense reasoning

تعليم الحواسيب الحس المشترك Teaching computers common sense

في معهد MIT الأمريكي هناك مشروعا يدعى "OpenMind"، يهدف المشروع لتدريس الحاسوب الاشياء التي يأخذها البشر كتعليم مكتسب، وتمثل المعرفة هنا بصيغة شبكات الدلالة Semantic net، و بنماذج الاحتمال الرسومية، والتقارير المكتوبة.

أما المشروع CYC فكان محاولة لبناء يدوي لقاعدة بيانات تحتوي على معرفة الحس المشترك للبشر، وتحتوي قاعدة البيانات على ١.٥ مليون مجموعة من حقائق الحس المشترك، لكنها تظل بعيدة عن مئات الملايين من الحقائق المطلوبة.

٧) التعلم Learning

البرامج تتعلم من الحقائق facts والتصرفات behaviors التي يمكن تمثيلها represent.

تعريفات التعلم Definitions

هيربيرت سيمون:

"التعلم يعنى بتغيرات النظام المتكيفة مع الحس الذي يتيح للنظام فعل نفس المهمة أو المهام بشكل أكثر فعالية و كفاءة لاحقا (في الزمن التالي)".

مارفين مينسكي:

"التعلم هو صناعة تغيرات مفيدة في الفعل الذي تقوم به أدمغتنا."

ريسزارد ميشالسكي:

"التعلم هو إنشاء أو تعديل تمثيل ما يمكن أن يختبر"

ميتشيل:

"يقال أن برنامج الحاسوب تعلم من التجربة E مع الترتيب إلى نفس فئة المهام T ومقياس الأداء P، إذا كان الأداء في المهام T كما يحدد المقياس P يطور من التجربة E"

النماذج الرئيسة لتعلم الآلة Major Paradigms of Machine Learning

- الروتين Rote

التعلم بالاستظهار memorization، حفظ المعرفة حتى أنه يمكن إعادة استخدامها .

- الاستقراء Induction

التعلم بالأمثلة Learning by example، عملية التعلم بواسطة الأمثلة example حيث أن النظام يحاول أن يستقرئ قانون عام من مجموعة من الأمثلة المشاهدة.

- التماثل/التناظر Analogy

التعلم من التشابهات Learning from similarities، التعرف على التشابهات في المعلومات المخزنة من قبل، فنستطيع تحديد التناظر بين اثنين من الصيغ المختلفة للمعلومات.

- الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms

التعلم بواسطة تقليل استخدام المعالجة الطبيعية mimicking processes nature، كجزء من الحوسبة التطورية، وهو طريقة لحل المسائل بواسطة تقليل المعالجات/العمليات، والاستخدام الطبيعي، والانتقاء، والعبور، والتحور، والقبول لكي نطور حلا للمسألة.

- الغزارة Reinforcement

التعلم بالأحداث Learning from actions، ارتباط مكافئة سلبية أو إيجابية، في نهاية سلسلة من الخطوات، لنتعلم أي الأحداث جيد وأيها سيء.

٨) التخطيط Planning

التخطيط هو تمثيل لمسار معين من الأعمال، وهو كذلك تقنية تستخدم لحل المسائل، كما انه يعتبر سلسلة معقولة من الأفعال لتحقيق هدف ما.

برامج التخطيط Planning programs

تبدأ بحقائق عن العالم جزئيا، حقائق عن التاثير الناشئ عن الأفعال، وحقائق عن حلول معينة، وعبارات تحدد الهدف.

فوائد التخطيط Benefits of planning

١- تقليل البحث

٢- حل مشكلة التعارضات

٣- تقديم أساس لإصلاح الأخطاء.

استراتيجيات التخطيط Strategy for planning

الإستراتيجية هي فقط سلسلة من الأفعال، البرنامج يولد من الحقائق إستراتيجيته لإنجاز هدف معين.

٩) نظرية المعرفة Epistemology

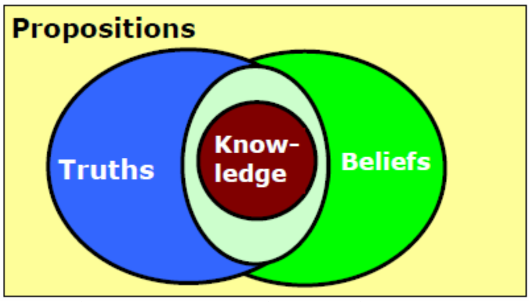
الابستمولوجي هو نظرية المعرفة، وهناك أنواع مختلفة من المعرفة في حياتنا العامة:

١- معرفة كيف نفعل الشيء (مثلا، كيف نقود الدراجة).

٢- معرفة شخص ما بالضبط.

٣- معرفة مكان أو مدينة.

الابستمولوجي هو دراسة المعرفة و الاعتقاد القابل للتبرير، مع الأخذ بالاعتبار معرفة الخبر كأن نقول أن "(س) يعرف أن (ب)"، كسؤال يقدم: ما هي الشروط الضرورة والكافية (if and only if)؟ ، كما في الشكل أدناه.



شكل يوضح المعرفة التقريرية كتقاطع بين الحقيقة والاعتقاد

ليكن س يعرف أن ب بشرط لازم وكافي أن ب صائب،

س يؤمن أن ب صائب، وأن س مقتنع بإيمانه أن ب صائب.

S knows that P if and only if P is true;

S believes that P is true; and S is justified in believing that P is true.

يدعي العالم جيتير Gettier أن الحسابات السابقة للمعرفة غير كافية.

الابستمولوجي هو دراسة أنواع المعرفة التي تكون مطلوبة لحل المسائل في العالم من حولنا.

١٠) علم الوجود Ontology

علم الوجود يهتم بالموجودات في العالم، ودراسة مجاميع الاشياء الموجود فعلا أو احتمالا في نطاق ما، وعلم الوجود هو نموذج بيانات data model يمثل نطاق معين ويستخدم لإعطاء تفسير عن الكائنات objects في ذلك الميدان والعلاقات relations بينها.

ويستخدم علم الوجود (أو علم الموجودات) في الذكاء الاصطناعي كشكل من أشكال تمثيل المعرفة، عن البيئة المحيطة (العالم) أو جزء منها. وهذا العلم عموما يقدم وصفا لـ:

- الأفراد Individuals: وهي الكائنات بالمستوى الاساسي أو الأدنى.
- الفئات classes: هي مجموعات، تجمعات أو أنواع من الكائنات.
- الصفات Attributes: هي خصائص properties أو مميزات features أو مواصفات characteristics أو وسائط parameters يمكن أن تكون ملكا لكائن أو يشترك بها مع آخر.
- العلاقات relations: طريقة تستطيع أن ترتبط بها الكائنات واحدا مع الآخر.

ويعتبر علم الموجودات Ontology توصيفا لبناء الفهم العام أو ما يسمى بالـ conceptualization.

١١) الحدس أو طرق الكشف Heuristics

طرق الكشف Heuristics هي قوانين بسيطة وفعالة، أو هي طرق مجربة Rule of thumb بشكل عام، وفي علوم الحاسوب فطرق الكشف هي خوارزمية تتميز بزمن تنفيذ جيد إثباتا، وبحل مثالي أو جيد إثباتا أيضا.

تهتم طرق الكشف بالحصول على أداء حاسوبي عالي، أو بفهم/بتصور مبسط محتمل لتكلفة دقيقة أو محكمة، ويستخدم الناس الكشف لصنع القرارات، والحصول على التميز، ولحل المسائل، وذلك عند مواجهة مسائل معقدة أو معلومات غير تامة. هذه القوانين تعمل جيدا تحت أغلب الظروف.

في برامج الذكاء الاصطناعي AI programs، دوال الكشف/الاكتشاف heuristic functions تستخدم لقياس كم تبعد نقطة ما node عن الحالة الهدف goal state، وكذلك تستخدم لمقارنة نقطتين واكتشاف إذا كانت واحدة أفضل من الأخرى للوصول إلى الهدف.

١٢) البرمجة الجينية (GP) Genetic programming

البرمجة الجينية هي طريقة مؤتمتة automated method لإنشاء برامج ابتداء من تحليل عالي المستوى للمسألة، حيث تبدأ البرمجة الجينية (GP) من متطلبات المستوى العالي للمسألة، وتسعى لإنتاج برنامج حاسوبي يحل المسألة، حيث يستخدم الإنسان (كمستخدم) العبارات عالية المستوى للتعبير عن المسألة إلى نظام البرمجة الجينية، وذلك بإنجاز خطوات تمهيدية محددة ومعرفة جيدا. ويتطلب من المستخدم أن يحدد خمسة خصائص أساسية كخطوات لازمة لتطوير برنامج GP:

- مجموعة الطرفيات terminals كالمتغيرات variables، والثوابت constants، والدوال functions.
- مجموعة الدوال الجذرية/الاساسية.
- مقياس الملائمة Fitness measure وذلك لفحص ملائمة الأفراد individuals ضمن مجموعة السكان.
- وسائط أو متغيرات parameters التحكم بالتشغيل Run.
- المعيار criterion النهائي لتحديد نتائج بالتشغيل Run.

يقصد بتشغيل Run البرنامج الجيني تنفيذ سلسلة من الخطوات المعروفة المستقلة عن المسألة (مخطط الانسياب flowchart).

تطبيقات الذكاء الاصطناعي Applications of AI

١) تشغيل اللعبة Game playing

الألعاب Games هي برامج حاسوب تفاعلية، المجال الواحد الذي فيه يتم تتبع أهداف الذكاء الاصطناعي بالمستوى البشري human-level. والألعاب تصنع بواسطة إنشاء كيانات ذكاء اصطناعي بالمستوى البشري، مثلا: الأعداء، والشركاء، والشخوص الداعمة التي تعمل تقريبا مثل البشر.

تشغيل اللعبة هو مشكلة بحثية يتم تعريفها بـ:

- الحالة الابتدائية Initial state: لوحة اللعب board.
- الدالة الموسعة Expand function: بناء الحالات الأبناء successor states.
- الدالة الهدف Cost function: الحالة الحاسمة.
- اختبار الهدف Goal test: حالة الحسم النهائية.

وتشغيل اللعبة يتصف بالخصائص التالية:

- أعداء غير متوقعين.
- الحاجة إلى تحديد حركة مقابل كل رد محتمل من الأعداء.
- الحدود الزمنية: تصبح اللعبة مملة إن لم يكن هناك حدث لمدة زمنية طويلة، ولا يحتمل أن يجد الأعداء الهدف فقط بالتقريب.

الألعاب الحاسوبية Computer Games :

الحواسيب تنجز مستويات مشابهة لأبطال اللعبة: كالداما والشطرنج وغيرها، الحواسيب تقدم العاب أفضل مثل لعبة البريدج، ومع هذا فهناك ألعاب مازال الحاسوب يقدمها بشكل سيء مثل لعبة جو وهيكس؟.

ولقد فاز برنامج الحاسوب المسمى (ديب بلو Deep Blue) أو الأزرق العميق، المتخصص في لعب الشطرنج Chess، على بطل العالم الروسي الشهير Gary Kasparov.

٢) التعرف على الكلام Speech Recognition

عملية تحويل إشارات الكلام إلى سلسلة من الكلمات، وفي عام ١٩٩٠م توصل علماء التعرف على الكلام إلى مستوى تطبيقي يحقق أغراض محدودة.

ورغم أن استخدام التعرف على الكلام في الحواسيب أصبح مقبول نوعا ما، إلا أن اغلب المستخدمين يجدون أن الماوس ولوحة المفاتيح يظل أكثر ملائمة، والاستخدام المعتاد هو الإتصال الصوتي Voice dialing، وتوجيه المكالمات Call routing ، وإدخال البيانات Data entry، والتعرف على المتكلم Speaker recognition.

وتسمح واجهة اللغة المتكلمة The spoken language interface، الموجودة في نظام الحجز في الخطوط الجوية الأمريكية EAASY SABRE، تسمح للمستخدمين بالحصول على معلومات الطيران، وبإجراء الحجز من خلال الاتصال الهاتفي.

٣) فهم اللغة الطبيعية Understanding Natural Language

معالجة اللغة الطبيعية NLP تهتم بالقيام بتوليد مؤتمت للغات الإنسان الطبيعية وفهمها.

نظام توليد اللغة الطبيعية Natural language generation system

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

هو نظام يحول المعلومات من قواعد بيانات databases الحاسوب إلى الأصوات العادية normal-sounding باللغة البشرية human language.

نظام فهم اللغة الطبيعية Natural language understanding system

يحول عينات من اللغة البشرية إلى تمثيل منهجي/رياضي أكثر ما يمكن، بحيث يكون ابسط للمعالجة من قبل برامج الحاسوب.

بعض المهام الأساسية في معالجة اللغات الطبيعية Some major tasks in NLP

نظام نص-إلى-كلام Text-to-Speech (TTS) system: يحول نص اللغة العادية إلى كلام.

نظام التعرف على الكلام Speech recognition (SR) system:عملية تحويل إشارات الكلام سلسلة من الكلمات.

نظام ترجمة الآلة Machine translation (MT) system: يترجم النص أو الكلام من واحدة من اللغات الطبيعية إلى لغة أخرى.

نظام استرجاع المعلومات Information retrieval (IR) system: يبحث عن المعلومات من قواعد البيانات مثلا الإنترنت أو الويب أو الإنترانت.

٤) رؤية الحاسوب Computer Vision

هي خليط من المفاهيم، والتقنيات والأفكار من مجالات: معالجة الصور الرقمية Digital Image Processing، و التعرف على الأنماط Pattern Recognition، والذكاء الاصطناعي ، والرسم بالحاسوب Computer Graphics.

نعلم ان العالم حولنا يتكون من كائنات ثلاثية البعد 3-D objects، لكن المدخلات إلى العين البشرية والكاميرات الحاسوبية هي ثنائية الأبعاد 2-D .

بعض البرامج المفيدة تعمل بشكل مجرد مع بعدين 2-D، لكن الرؤية الكلية للحاسوب تتطلب معلومات جزئية ثلاثية البعد، التي ليست فقط مجموعة مشاهد ثنائية البعد.

في الوقت الحاضر توجد فقط طرق محدودة لتمثيل المعلومات ثلاثية البعد مباشرة، وهي ليست جيدة كما هو الحال مع الاستخدام الواضح للإنسان.

أمثلة Examples :

- التعرف على الوجه Face recognition: تهتم البنوك باستخدام هذه البرامج.
- القيادة المستقلة Autonomous driving:

نظام ALVINN يقود عربة الفان van من واشنطن إلى سان ديجو، بمعدل ٦٣ م/س باليوم والليلة، وفي كل الظروف المناخية.

- استخدامات أخرى: التعرف على كتابة اليد Handwriting، فحص الأمتعة Baggage inspection، الفحص المصنعي Manufacturing inspection، تفسير وفهم الصور Photo interpretation.

٥) النظم الخبيرة Expert Systems

هي نظم تهتم بالإمساك بالخبرات البشرية بشكل مجموعة من القوانين، هذه القوانين تتيح للنظام تشخيص الحالات بدون حضور الخبير البشري في نفس الوقت.

نظام الرجل-الآلة Man-machine system مع الخبرات المتخصصة لحل المسائل، فالخبرة تشمل المعرفة عن ميدان معرفي معين، وفهم المسائل من خلال الميدان، ومهارة حل بعض هذه المسائل.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

قاعدة المعرفة Knowledge base

يقوم مهندس المعرفة بمقابلة الخبراء في ميدان محدد، ويحاول جمع وتجسيد embody ما يعرفونه في برنامج حاسوبي، من أجل إجراء بعض المهام.

نظام MYCIN في العام ١٩٧٤م كان أول النظم الخبيرة، وكان يقوم بتشخيص العدوى البكتيرية في الدم واقتراح الأدوية.

النظم الخبيرة تعتمد على المعرفة للخبراء الإنسانيين، مثلا:

التشخيص وإصلاح الخلل Diagnosis and Troubleshooting: يستنتج الأخطاء ويقترح التصحيح للعمليات أو الأجهزة المعطلة.

الجدولة والتخطيط Planning and Scheduling: يحلل مجموعة من الأهداف لتحديد وتنظيم مجموعة من الأفعال والظروف المأخوذة في الحسبان، مثلا جدولة الخطوط الجوية والطيران.

صناعة القرارات المالية Financial Decision Making: برامج نصائح تساعد البنوك في القروض وتأمينات الشركات، للتعرف على المخاطر المتعلقة بالزبون.

التحكم ومراقبة العمليات Process Monitoring and Control : تحليل البيانات في وقتها، وملاحظة الاختلالات، والتوجهات المتوقعة، والتحكم بكفاءة وأداء تصحيح الأخطاء.

المراجع References

هذا الكتيب هو ترجمة متخصصة للفصل الأول من مواضيع الموقع المتخصص في علوم الذكاء الاصطناعي على الرابط:
www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

وكانت مراجعه هي الكتب النصية Textbooks التالية:

1. "Artificial Intelligence", by Elaine Rich and Kevin Knight, (2006), McGraw Hill companies Inc., Chapter 1-22, page 1-613.

2. "Artificial Intelligence: A Modern Approach" by Stuart Russell and Peter Norvig, (2002), Prentice Hall, Chapter 1-27, page 1-1057.

3. "Computational Intelligence: A Logical Approach", by David Poole, Alan Mackworth, and Randy Goebel, (1998), Oxford University Press, Chapter 1-12, page 1-608.

4. "Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving", by George F. Luger, (2002), Addison-Wesley, Chapter 1- 16, page 1-743.

5. "AI: A New Synthesis", by Nils J. Nilsson, (1998), Morgan Kaufmann Inc., Chapter 1-25, Page 1-493.

6. "Artificial Intelligence: Theory and Practice", by Thomas Dean, (1994), Addison-Wesley, Chapter 1-10, Page 1-650.

7. Related documents from open source, mainly internet. An exhaustive list is being prepared for inclusion at a later date.

ملحق:

عناوين باقي الفصول التي يتكون منها موقع www.myreaders.info القسم الخاص بالذكاء الاصطناعي.

محتوى المقرر Course Content

01 دخل إلى الذكاء الاصطناعي Introduction to AI :

Definitions, Goals of AI, AI Approaches, AI Techniques, Branches of AI, Applications of AI.

02 حل المسائل والبحث واستراتيجيات التحكم Problem Solving, Search and Control Strategies:

General problem solving, Search and control strategies, Exhaustive searches, Heuristic search techniques, Constraint satisfaction problems (CSPs) and models .

03 مواضيع تمثيل المعرفة، والمنطق الخبري والقوانين Knowledge Representations Issues, Predicate Logic, Rules:

Knowledge representation, KR using predicate logic, KR using rules.

04 نظام التفسير والترميز والإحصاء Reasoning System – Symbolic , Statistical :

Reasoning – Over view, Symbolic reasoning, Statistical reasoning.

05 تشغيل اللعبة Game Playing :

Overview, Mini-Max search procedure, Game playing with Mini-Max, Alpha-Beta pruning.

06 نظم التعلم Learning Systems :

Rote learning, Learning from example : Induction, Explanation Based Learning (EBL), Discovery, Clustering, Analogy, Neural net and genetic learning, Reinforcement learning.

07 النظم الخبيرة Expert Systems :

Knowledge acquisition, Knowledge base, Working memory, Inference engine, Expert system shells, Explanation, Application of expert systems.

08 أصول الشبكات العصبية Fundamentals of Neural Networks:

Research history, Model of artificial neuron, Neural networks architectures, Learning methods in neural networks, Single-layer neural network system, Applications of neural networks.

09 أصول الخوارزميات الجينية Fundamentals of Genetic Algorithms :

Search optimization algorithm, Evolutionary algorithm, Encoding, Operators of genetic algorithm, Basic genetic algorithm.

10 معالجة اللغات الطبيعية Natural Language Processing:

Introduction, Syntactic processing , Semantic and Pragmatic analysis.

11 الحس العام/المشترك Common Sense :

Introduction, Formalization of common sense reasoning, Physical world, Common sense ontologies, Memory organization.

-٢-

مدخل مبسط في أهم مواضيع علم الذكاء الاصطناعي

حل المسائل والبحث واستراتيجيات التحكم

Problem Solving Search and Control Strategies

المحتوى:

- حل المسائل General Problem Solving
- البحث واستراتيجيات التحكم Search and Control Strategies
- **البحث الشامل** Exhaustive Searches (غير الموجه)
- تقنيات البحث الموجه Heuristic Search Techniques
- مسائل ونماذج قيود الرضا Constraint Satisfaction Problems (CSPs) and Models

ترجمة وإعداد فهد آل قاسم

نقلا عن الرابط:

www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

عناوين سريعة

حل المسائل General Problem Solving :

تعريفات، فضاء المسألة، حل المسألة، فضاء الحالة، تغيير الحالة، تركيب فضاء الحالة، جواب المسألة، وصف المسألة، أمثلة تعريف المسألة.

البحث واستراتيجيات التحكم Search and Control Strategies :

مصطلحات متعلقة ، أداء الخوارزميات وتعقيدها، تعقيد الحوسبة، رموز "Big – o"، تركيب الشجرة، المكدسات والطوابير، خوارزميات البحث، التمثيل الهرمي، فضاء البحث، العبارات الرسمية، رموز البحث، تقدير الكلفة ودالة الحدس، استراتيجيات التحكم، إستراتيجية البحث، السلسلة الأمامية والخلفية.

البحث الشامل Exhaustive Searches (غير الموجه)

خوارزمية البحث الرأسي، خوارزمية البحث الأفقي، مقارنة بين الخوارزميتين.

تقنيات البحث الموجه Heuristic Search Techniques

خصائص البحث الموجه، مقارنة البحث الموجه بالطرق الأخرى للبحث، مثال على البحث الموجه، أنواع خوارزميات البحث الموجه.

مسائل ونماذج قيود الرضا Constraint Satisfaction Problems (CSPs) and Models

أمثلة عن الـ (CSPs)، نماذج فيود الرضا، الإنتاج والاختبار، خوارزمية التتبع العكسي، تعريف مسائل قيود الرضا، خوارزميات وخصائص.

ما المقصود بحل المسائل والبحث واستراتيجيات التحكم؟

حل المسائل هو عنصر أساسي لكثير من تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وهناك نوعين من المسائل، **أولها** هو ما يمكن ان يكون مسألة أو شبيه المسألة (Problems like)، كحساب جيب الزاوية أو الجذر التربيعي لقيمة، وهذه المسائل تحل باستخدام إجراءات قطعية ونجاحها مضمون، **وثانيها** هو مسائل العالم الواقعي، حيث أن عدد قليل من هذه المسائل له حلول واضحة.

وأغلب مسائل العالم الواقعي يمكن أن تحل بأسلوب البحث عن الحل المناسب، وهذا هو نوع المسائل الذي يهتم بها الذكاء الاصطناعي.

و**حل المسائل Problem solving** هو خطوات إنتاج الحلول من بيانات مشاهدة، و تتميز المسألة a problem بمجموعة من الأهداف goals، ومجموعة من الكائنات objects ، ومجموعة من العمليات operations .

وهذا قد يكون تعريف غير واضح، ويتم تطويره خلال حل المسألة.

فضاء المسألة Problem space: هو فضاء مجرد abstract space، حيث يشمل جميع الحالات الصحيحة valid states، التي يمكن أن إنتاجها بواسطة التطبيق لأي مجموعة من العمليات على أي مجموعة من الكائنات.

وفضاء المسألة يمكن أن يحتوي على حل واحد أو عدة حلول.

الحل Solution هو مجموعة من العمليات والكائنات التي تحقق الأهداف.

و**البحث Search** يقصد به البحث عن الحل Solution في فضاء المسألة problem space، ويبدأ البحث بأنواع مختلفة من استراتيجيات التحكم بالبحث search control strategies.

وكلا من البحث الرأسي depth–first search و البحث الأفقي breadth–first search هما الإستراتيجيتان العامتان لاستراتيجيات البحث.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

١) **حل المسائل** General Problem solving

يعتبر مجال حل المسائل هو المجال الرئيسي عند دراسة الذكاء الاصطناعي. وكما ذكرنا سابقا فحل المسائل هو إنتاج الحلول من بيانات تم الحصول عليها (مشاهدة) observed أو بيانات معطاة given data سابقا، ومع هذا فليس من الممكن دائما استخدام الطرق المباشرة، بالذهاب مباشرة من البيانات إلى الحل، وبدلا من ذلك، فحل المسائل يحتاج إلى استخدام الطرق غير المباشرة أو الطرق المعتمدة على نموذج model–based methods.

برنامج حل المسائل العام General Problem Solver (GPS) هو برنامج تم إنشاؤه في ١٩٥٧م عن طريق Simon and Newell، لبناء الآلة الشاملة حل المسائل. وكان برنامج (GPS) يعتمد على الأبحاث النظرية للعالمين سيمون ونيوثل في منطق الآلات logic machines، ويستطيع هذا البرنامج أساسا أن يحل أن مسالة مصاغة رياضيا، مثل إثبات النظريات، والمسائل الهندسية، ولعب الشطرنج.

وقد حل برنامج GPS مسائل كثيرة مثل مسألة ابراج هانوي، من تلك المسائل التي يمكن صياغتها رياضيا بكفاءة، ولكن هذا البرنامج لم يتمكن من حل أيا من مسائل العالم الحقيقي Real–World.

ولبناء نظام لحل مسائل معينة نحتاج إلى:

- تعريف المسألة بدقة، بإيجاد حالات الإدخال وكذلك الحالات النهائية لحل المسألة الممكن قبوله.
- تحليل المسألة، بإيجاد الميزات القليلة الهامة التي يمكن أن يكون لها تأثير على مناسبة التقنيات الممكنة المتنوعة من أجل حل المسألة.
- عزل وتمثيل مهام المعرفة الضرورية لحل المسألة.
- اختيار تقني ة/ات الحل الأفضل وتطبيقها على المسألة المطلوبة.

تعريفات المسألة Problem Definitions

يتم تعريف المسألة عن طريق عناصرها elements وعلاقاتها relations، ولإعطاء تعريف منهجي، نحتاج إلى التالي:

١. تعريف فضاء الحالات state space الذي يشمل جميع الأوضاع configurations الممكنة لكائنات المسألة، بما في ذلك الأوضاع المستحيلة.
٢. تحديد تلك الحالة أو الحالات، التي تصف الحالات الممكنة، التي يمكن أن يبدأ حل المسألة الممكنة، هذه الحالات تسمى الحالات الابتدائية initial states.
٣. تحديد الحالة أو الحالات التي ربما تكون حلول مقبولة للمسألة، هذه الحالات تسمى بالحالات الهدف goal states.
٤. تحديد مجموعة القوانين التي تصف الأفعال (الأشغال) المتاحة.

يمكن للمسألة من ثم أن تحل بواسطة استخدام القوانين، كتوليفة مع استراتيجيات التحكم المناسبة، التي تنتقل وفقها عبر فضاء المسألة حتى يتم إيجاد المسار من الحالة الابتدائية إلى الحالة الهدف.

هذه العملية تعرف بـ البحث search، والبحث جزء أساسي في عمليات حل المسائل، ويعتبر الآلية العامة التي تستخدم متى كانت الطرق المباشرة غير معروفة، وأخيرا .. يقدم البحث إطار العمل framework الذي يبسط عملية دمج الطرق المباشرة لحل أجزاء من المسألة فيه.

ويتم صياغة عدد كبير من مسائل الذكاء الاصطناعي كمسائل بحث.

٢) **البحث واستراتيجيات التحكم** Search and Control Strategies

تعود الكلمة (بحث) إلى البحث عن حلول في فضاء المسألة، يسير البحث مختلف أنواع استراتيجيات التحكم بالبحث، وتعرف الإستراتيجية بواسطة بأخذ الترتيب الذي يتم فيه الوصول إلى النقطة في فضاء المسألة.

وتقيم استراتيجيات البحث في الأبعاد التالية:

التمام Completeness وتعقيد الوقت (الكلفة الزمنية) Time complexity وتعقيد فضاء المسألة Space complexity وأمثلية الحل Optimality.

فيما يلي سنوضح بعض مصطلحات البحث المهمة، ومن ثم نشرح خوارزميات البحث واستراتيجياته.

١. البحث ومصطلحات متعلقة Search related terms

++++++++++++++++++++++

....

....

....

++++++++++++++++++++++++

٢. البحث Search

البحث هو اختبار نظامي لمجموعة حالات من أجل معرفة المسار من الحالة الابتدائية/الجذر start/root إلى الحالة الهدف.

البحث عادة ينتج من نقص المعرفة lack of knowledge، ويكتشف البحث البدائل المعرفية للوصول إلى الإجابة الأفضل، مخرجات خوارزمية البحث هو إجابة، تعرض كمسار من الحالة الابتدائية إلى الحالة التي تتطابق مع الحالة الهدف.

والبحث "Search" هو منهجية متعبة لأجل حل المسائل عامة الغرض general-purpose:

يعمل البحث لإيجاد النقاط nodes التي لها خصائص معينة في الشجرة البيانية التي تمثل فضاء البحث، وتقوم طرق البحث باستكشاف فضاء البحث search space بشكل ذكي "intelligently"، وتقييم الخيارات الممكنة بدون التحقق من أي خيار فردي.

شجرة البحث Search tree

شجرات البحث هي فهارس متعددة المستويات مستخدمة لقيادة البحث عن عناصر البيانات، وفق بعض معايير البحث المعطاة.

يبدأ البحث عند الجذر root ويستكشف النقاط nodes للبحث عن النقطة الهدف goal node التي تحقق الظروف أو الشروط التي تعتمد عليها المسألة.

ومن أجل بعض المسائل، قد تكون أي نقطة مقبولة للحل، مثلا النقطتين N و J في المثال المقابل.

وفي بعض المسائل تكون النقطة J هي الأكثر قبولا للحل لأنها في المستوى الأقرب للنقطة الجذر .

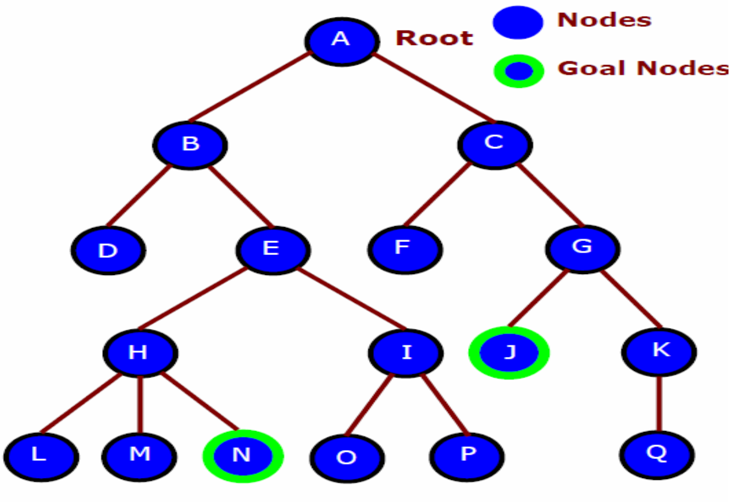


Fig. Tree Search.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

خوارزميات البحث Search Algorithms

كثير من خوارزميات البحث التقليدية تستخدم في تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وللمسائل المعقدة لا تستطيع الخوارزميات التقليدية إيجاد الجواب ضمن بعض حدود الفضاء والزمن الفعلي، وبناء على ذلك، فقد تم تطوير كثير من التقنيات الخاصة باستخدام دوال الكشف heuristic functions، والخوارزميات التي تستخدم دوال الكشف heuristic functions تسمى خوارزميات الكشف heuristic algorithms، وخوارزميات الكشف ليست ذكية حقا، هي تبدو وكأنها ذكية، لأنها تقدم أداء أفضل، وخوارزميات الكشف أيضا أكثر كفاءة، لأنها تأخذ مميزات التغذية الراجعة feedback من البيانات لتوجيه مسار البحث.

- خوارزميات **البحث غير الموجه Uninformed search** أو خوارزميات بحث القوة–العمياء Brute–force، من خلال فضاء البحث، يتم فحص كل الخيارات الممكنة للحل ما إذا كان أي خيار يطابق ما تتطلبه المسألة.
- خوارزميات **البحث الموجه Informed search** تستخدم هذه الخوارزميات دوال الكشف، هذه الدوال تكون مخصصة حسب المسألة، ويتم تطبيقها للسير بالبحث من خلال فضاء البحث، وذلك محاولة لتقليل كمية الزمن الذي يستغرقه البحث.

آلية الكشف الجيدة تستطيع أداء بحث موجه في أي لحظة، متجاوزة أي بحث غير موجه، ومسألة البائع الجوال Traveling Salesman Problem (TSP) مثال لذلك، حيث يكون الهدف اكتشاف الحل الجيد good solution، بدلا من اكتشاف الحل الأفضل best solution.

في المسائل المشابهة لمسألة البائع المتجول (TSP)، يستمر البحث باستخدام المعلومات الحالية حول المسألة للتنبؤ بالمسار، الذي يكون أقرب إلى الهدف ويتبع له، مع أنه لا يمكن أن نضمن دائما اكتشاف الحل الممكن الأفضل، هذه التقنيات تساعد في اكتشاف الحل، من خلال زمن وفضاء معقولين.

وهناك عدد من خوارزميات البحث المعروفة منها:

١. بحث افترض واختبر Generate and Test Search
٢. البحث عن الأفضل أولا Best–first Search
٣. البحث الطماع Greedy Search
٤. البحث *A* Search A
٥. البحث بالشرط Constraint Search
٦. تحليل النهاية المطلوبة Means–ends analysis

وهناك خوارزميات كثيرة، سواء كانت مطورة عنها أو مركبة منها.

التمثيل الهرمي لخوارزميات البحث Hierarchical Representation of Search Algorithms

تمثيل أغلب خوارزميات البحث موضح في الشكل أدناه، وهي تبدأ بالتصنيفين الاساسيين للبحث وهما البحث الموجه وغير الموجه، البحث غير الموجه Uninformed Search يسمى أيضا بحث القوة الصرفة brute–force أو البحث الشامل exhaustive أو البحث الأعمى blind ، وفيه لا تستخدم معلومات عن المسألة لإرشاد البحث، ولذلك قد لا يكون كفؤا.

والبحث الموجه Informed Search يسمى أيضا بالبحث مع آلية الكشف heuristic search أو البحث الذكي intelligent search، وفيه تستخدم معلومات مسبقة عن المسألة من أجل مساعدة البحث، عادة تخمن المسافة إلى الحالة الهدف ولهذا يكون البحث كفؤا، ولكنه قد لا يكون من الممكن دائما تنفيذه لقصور معلومات المساعدة مثلا.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

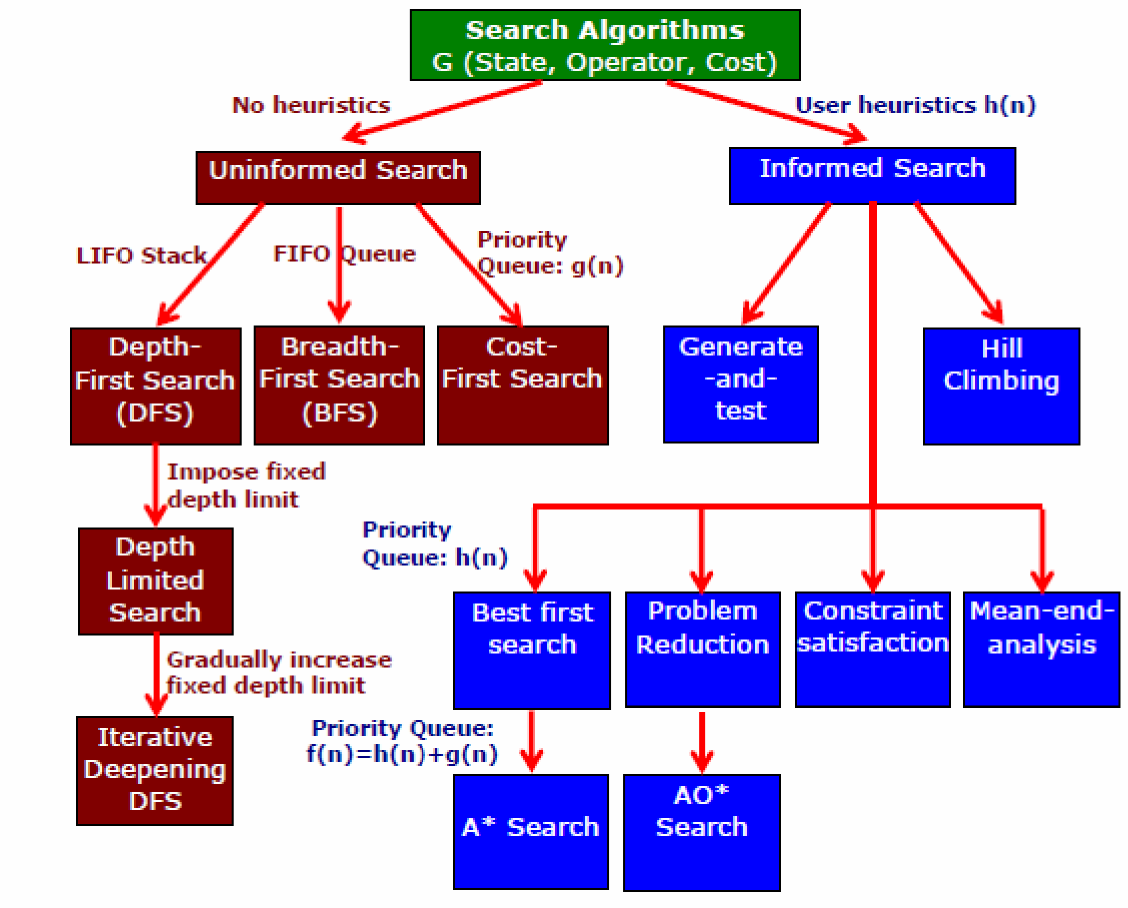


Fig. Different Search Algorithms

فضاء البحث Search Space

هو مجموعة من الحالات، التي يمكن ان نتوصل لها، مشكلة ما يسمى فضاء البحث. وهذا يتحقق بتطبيق بعض المؤثرات المركبة التي تعرف آلية التواصل فيما بينها.

مثال: جد المسار من البداية Start إلى الحالة الهدف Goal state.

باعتبار أن الرؤوس vertices هي المدن، وأن الحواف edges هي المسافات بين المدن.

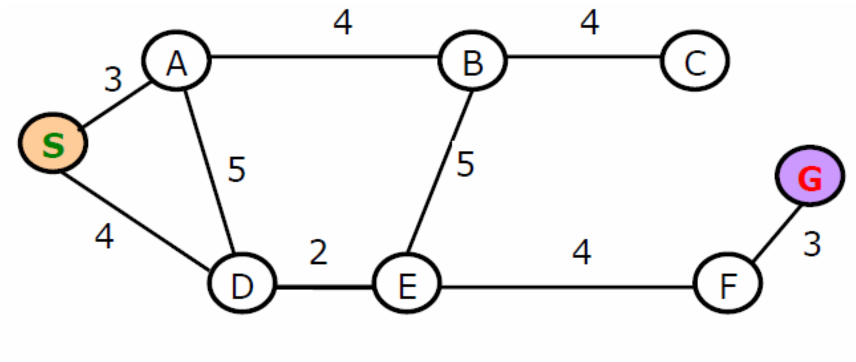


Fig. Search Space

لدنيا في الشكل أعلاه:

الحالة الابتدائية Initial State S ،

الحالة الهدف G،

النقاط تمثل المدن، والخطوط تمثل المسافات.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

البيان المنهجي للمسألة Formal Statement

حل المسألة هو مجموعة من العبارات التي تصف الحالات المطلوب التعبير عنها بلغة مناسبة، وإجابة عدد كبير من المسائل يمكن وصفها باكتشاف سلسلة الأفعال التي تقود إلى الهدف المطلوب، كمسألة الشطرنج أو الكلمات المتقاطعة.

ويكون الهدف هو اكتشاف سلسلة الأفعال التي تقود من الحالة الابتدائية إلى الحالة النهائية وهي حالة الهدف، كل واحد من هذه الأفعال يغير الحالة.

فيما يلي نموذج مسألة معرفة بشكل جيد:

- **الحالة الابتدائية (S)**.
- **الدوال المؤثرة Operator or successor function** في الحالات الانتقالية، أو الدوال الوريثة: لكل حالة x تعيد لنا الدالة s(x) مجموعة الحالات الممكن الوصول إليها من الحالة x بفعل واحد.
- **فضاء البحث** State space: كل الحالات ممكنة الوصول من البداية باستخدام أي سلسلة من الأفعال.
- **المسار Path**: سلسلة حالات من فضاء البحث.
- **تكلفة المسار Path cost** كدالة تربط بين المسار وكلفته، وتحسب تكلفة المسار الواحد بجمع الأفعال الفردية المنفذة على طول المسار.
- **الحالة الهدف (G)**.
- **اختبار الهدف Goal test**: اختبار للتأكد من كون الحالة النهائية هي الحالة الهدف.

الرموز الرياضية للبحث Search notations

علمنا أن البحث هو الاختبار النظامي للحالات لاكتشاف المسار من البداية أو الحالة الجذر غلى الحالة الهدف، والرموز المستخدمة لتعريف البحث هي:

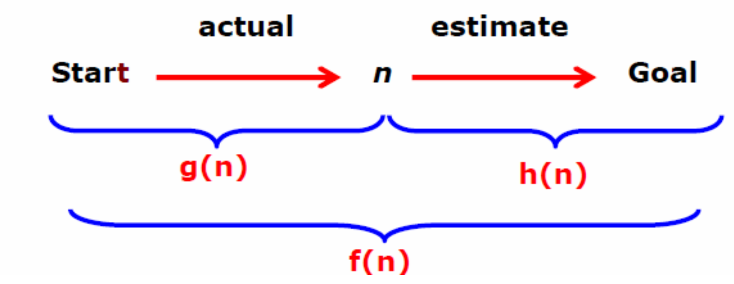
الدالة f(n) هي دالة التقييم التي تقدر الحل الأقل تكلفة خلال النقطة n.

الدالة h(n) هي دالة الكشف التي تقدر المسار أقل كلفة من النقطة n إلى النقطة الهدف.

الدالة g(n) هي دالة التكلفة التي تقدر المسار اقل تكلفة من نقطة البداية إلى النقطة n.

ويعبر عن العلاقة بين هذه الوسائط الثلاثة بالقانون:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$



إذا كانت h(n) اقل من أو تساوي التكلفة الفعلية للمسار الأقصر من النقطة n إلى الهدف ، **فإن** قيمة h(n) تكون تحت المتوقع under–estimate أي أن القيمة المقدرة لـ h(n) غير كافية.

القيم المقدرة لـ f و g و h يعبر عنها بالرموز ^F و^G و^H على الترتيب، بحي يكون:

$$F^{\wedge}(n)= G^{\wedge}(n)+H^{\wedge}(n)$$

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

ومن أجل تبسيط الكتابة هناك من يبدل الرمز ^ بالرمز * فتكون *h بدل ^H وهكذا.

تقدير دالة التكلفة *Estimate Cost Function g

عرفنا أن تقدير المسار الأقل تكلفة من نقطة البداية حتى النقطة n، يرمز له بـ $g^*(n)$ ، ويعرف $g^*(n)$ بحساب تكلفة جميع المسارات من البداية حتى الحالة الحالية، إذا كان فضاء البحث ممثلا بشجرة، فتكون $g = g^*$، لأن هناك مسار واحد من نقطة البداية إلى النقطة الحالية، ولكن بشكل عام، يكون فضاء البحث بيانا graph، أي ليس بالضرورة أن يكون شجرة.

وإذا كان فضاء البحث بيانا، فتكون $g \geq g^*$، وأنه لا يمكن أن تكون *g أقل من تكلفة المسار الأمثل، فضلا عن كونها تستطيع تجاوز التكلفة المقدرة، ويمكن أن تكون *g مساوية لـ g في الشكل البياني graph إن تم اختيارها بدقة أكبر.

تقدير دالة الكشف *Estimate Heuristic Function h

نعرف أن تقدير المسار الأقل تكلفة من النقطة n إلى نقطة الهدف يرمز له بـ $h^*(n)$، حيث أن *h هي معلومات آلية الاكتشاف، التي تمثل التخمين أو التقدير. مثلا: ما مدى صعوبة الوصول من النقطة الحالية إلى الحالة الهدف؟.

يمكن تقدير قيمة *h لنقطة ما باستخدام دالة التقييم f(n) التي تقيس جودة "goodness" تلك النقطة، ويمكن لـ *h أن تأخذ قيما مختلفة، فالقيم التي تقع بين $0 \leq h^*(n) \leq h(n)$ والتي تعني خوارزمية بحث مختلفة، وإذا كانت $h = h^*$ فإننا نكون قد حصلنا على قيمة الكشف المثالية أو "perfect heuristic"، مما يعني عدم ضرورة البحث في نقاط زائدة عن الحاجة.

٣. إستراتيجية التحكم Control Strategies

البحث عن إجابة في فضاء المسألة، يتطلب إستراتيجية تحكم لإدارة عمليات البحث، إستراتيجية التحكم بالبحث تكون مختلفة الأنواع ، وتتحقق بواسطة أنواع محددة من استراتيجيات التحكم. وبعض استراتيجيات التحكم بالبحث موضحة فيما يلي:

البحث الأمامي Forward search

هنا تواصل استراتيجة التحكم باستكشاف البحث من الحالة الابتدائية بإتجاه الجواب، وهذه الطريقة تعرف بـ data-directed، التوجه نحو البيانات.

البحث الخلفي Backward search

أما هنا فتواصل إستراتيجية التحكم باستكشاف بحثها عكسيا من الحالة الهدف (أو الحالة النهائية) بإتجاه إما الحالة الابتدائية، أو باتجاه حل جزئي للمسألة، وهذه الطريقة تسمى بالتوجه نحو الهدف goal directed.

البحث الأمامي والخلفي Both forward and backward search

هنا، إستراتيجية التحكم تستكشف بحثها بإستراتيجية مختلطة mixture من البحث الخلفي والأمامي.

البحث المنظم Systematic search

تستخدم عندما يكون فضاء البحث صغيرا، وهي طريقة منظمة (لكنها عمياء blind)، تستخدم لاستكشاف كل فضاء البحث، بأسلوبين هما: البحث الرأسي depth-first search والبحث الأفقي breath-first search.

البحث بآلية الكشف Heuristic search

كثير من طرق البحث تعتمد على معرفة نطاق أو ميدان المسألة، وهي تملك بعض المقاييس للاستحقاقات النسبية المساعدة على البحث، البحث الذي يستخدم إرشادات المساعدة يسمى بالبحث مع آلية الكشف heuristic search، والطرق المساعدة على الكشف تسمى آلية الكشف heuristic.

لاحظ أن البحث مع آلية الكشف قد لا يؤدي إلى الحلول الأفضل، لكنه يضمن الحصول على حل جيد في زمن معقول.

خوارزميات البحث بآلية الكشف Heuristic Search Algorithms

- أولا، نقوم بتوليد الحلول الممكنة التي من الممكن أن تكون نقاطا في فضاء المسألة، أو مسارا من الحالة الابتدائية.
- ثم، نختبر الحلول المحتملة إذا ما كانت حلولا حقيقية، بواسطة مقارنة الحالة المتحصل عليها مع مجموعة الحالات الهدف.
- أخيرا، إذا كان الحل حقيقيا، نعود به، وإلا نكرر الخطوات من البداية.

المزيد عن استراتيجيات البحث More on Search Strategies

سلسة وقوانين الفعل المشروط وعلاقتها بالبحث الأمامي والخلفي.

قوانين الفعل المشروط Condition–action rules

هي واحدة من طرق ترميز المعرفة، بحيث تكتب القوانين بالشكل إذا كان (شرط) فإن (نتيجة) أو

if < condition> then < conclusion >

مثلا:

قانون الضوء الأحمر Rule: Red_Light:

IF the light is red THEN Stop

قانون الضوء الأخضر Rule: Green_Light:

IF the light is green THEN Go

Antecedent السابق **consequent التابع**

التقييد Chaining

يقصد بالتقييد مشاركة الشروط بين القوانين، لهذا يتم تقييم نفس الشرط مرة واحدة لكل القوانين، وعندما يشترك شرط واحد او أكثر بين القوانين، فإنه يعتبر تقييدا، وهما نوعين: التقييد الأمامي والتقييد الخلفي Forward and Backward chaining، ويسمى التقييد الأمامي أيضا القيادة بالبيانات، ويسمى التقييد الخلفي data–driven بالقيادة بالاستعلام query–driven.

قوانين التفعيل Activation of Rules

يعتبر التقييد الأمامي والتقييد الخلفي إستراتيجيتان مختلفتان لتفعيل القوانين في النظام، وهما تقنيتان لسحب الاستدلالات inferences من قاعدة القوانين Rule base.

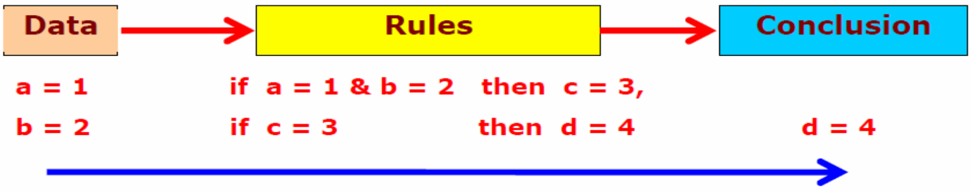
خوارزمية التقييد الأمامي Forward Chaining Algorithm

كما أوضحنا هي تقنية الاستدلالات من قاعدة القوانين، ويسمى هذا الاستدلال عادة بالقيادة بالبيانات:

تستمر الخوارزمية من حل معطى حتى الوصول إلى هدف مقبول، مع إضافة أي تأكيدات assertions (حقائق) يتم اكتشافها.

والتقييد الأمامي يقارن البيانات في الذاكرة العاملة working memory مقابل الشروط في الأجزاء IF من القوانين، وتحديد أي قانون ينطلق تطبيقه.

Data Driven



مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

مثال: التقييد الأمامي

إذا كان لدينا قاعدة القوانين مكونة من القوانين التالية:

Rule 1: **If** A and C Then F
Rule 2: **If** A and E Then G
Rule 3: **If** B Then E
Rule 4: **If** G Then D

وكانت المسألة إثبات أن:

Prove that: **If** A and B true **Then** D is true

وهذه هي الحالة الهدف.

الإجابة

(i) ‡ Start with input given A, B is true and then
‡ start at Rule 1 and go forward / down till a rule "fires" is found.

First iteration :

(ii) ‡ Rule 3 fires : conclusion E is true
‡ new knowledge found

(iii) ‡ No other rule fires;
‡ end of first iteration.

(iv) ‡ Goal not found;
‡ new knowledge found at (ii);
‡ go for second iteration

Second iteration :

(v) ‡ Rule 2 fires : conclusion G is true
‡ new knowledge found

(vi) ‡ Rule 4 fires : conclusion D is true
‡ Goal found;
‡ Proved

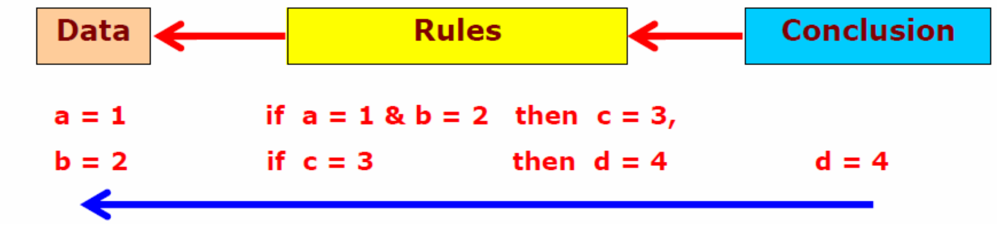
تبدأ الخوارزمية أعلاه، مع معطيات الهدف وهما A,B، ثم تبحث عن ابتداء من القانون ١، وصولا إلى أي قانون ممكن تنفيذه، وبالدخول في الحلقة نجد أن القانون٣ ينفذ وتدخل معرفة جديدة هي أن E صائبا إلى القاعدة.

بعد المرور على كل القوانين تنتهي الحلقة التكرارية الأولى، وتدخل الحلقة التكرارية الثانية، مستفيدة من المعرفة الجديدة، عندئذ يتم تنفيذ القانون ٢ وتدخل معرفة جديدة هي G صائب، ومن ثم ينفذ القانون ٤ لإثبات أن D صائبا، وهذه هو الاستنتاج المطلوب في الحالة الهدف.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

خوارزمية التقييد الخلفي Backward Chaining Algorithm

هذه الخوارزمية هي تقنية لسحب الاستدلالات من قاعدة القوانين، وتسمى أيضا بالقيادة بالهدف، فهي تتحرك من الهدف المطلوب تحققه، وتضيف التأكيدات assertions التي تجدها إلى قاعدة القوانين، وبصورة معاكسة للتقييد الأمامي، تقوم خوارزمية التقييد الخلفي بالبحث عن الجزء THEN من القانون الذي يحقق الهدف.



مثال التقييد الخلفي Backward Channing

إذا كانت مجموعة القوانين التالية موجودة في قاعدة القوانين:

Rule 1: If A and C **Then** F

Rule 2: If A and E **Then** G

Rule 3: If B **Then** E

Rule 4: If G **Then** D

وكانت المسألة إثبات أن:

وهذه هي الحالة

Prove that: If A and B true Then D is true

الهدف....

الإجابة

Solution

(i) ‡ Start with goal ie D is true

‡ go backward/up till a rule "fires" is found.

First iteration :

(ii) ‡ Rule 4 fires :

‡ new sub goal to prove G is true

‡ go backward

(iii) ‡ Rule 2 "fires"; conclusion: A is true

‡ new sub goal to prove E is true

‡ go backward;

(iv) ‡ no other rule fires; end of first iteration.

‡ new sub goal found at (iii);

‡ go for second iteration

Second iteration :

(v) ‡ Rule 3 fires :

‡ conclusion B is true (2nd input found)

‡ both inputs A and B ascertained

‡ Proved

٣) **البحث الشامل** Exhaustive Search

إضافة إلى التقييد الخلفي والأمامي الموضحين سابقا، هناك استراتيجيات بحث مستخدمة في الذكاء الاحتسابي، من خلال أغلب المنهجيات المستخدمة الشائعة: البحث الأفقي Breadth-first search (BFS) والبحث الرأسي depth-first search (DFS).

يقال أن البحث شامل إذا كان يضمن توليد جميع الحالات الممكن الوصول إليها، قبل أن ينتهي البحث بالفشل، وتستخدم للبحث الشامل أشجار القرار decision tree، وهي تمثيل رسومي graphical representation لكل الحالات المحتملة والمسارات المرتبطة بها.

البحث بالعرض Breadth-first search (BFS) أو البحث الأفقي

هو إستراتيجية البحث الذي يكون فيه الطبقة العليا من شجرة القرار تبحث تماما قبل الاستمرار إلى الطبقة التالية. في هذه الإستراتيجية، لا يوجد حل قابل للحياة يحذف ولذلك يمكن يضمن اكتشاف الحل المثالي. وهذه الإستراتيجية ليست مجدية عادة عندما يكون فضاء البحث كبيرا.

البحث بالعمق Depth-first search (DFS) أو البحث الرأسي

تقوم إستراتيجية البحث بالعمق بتوسيع المسار الحالي للبحث للعمق، قبل أن تعود للخف backtracking إلى نقطة الخيار الأخير، وتحاول في المسار البديل التالي وهكذا، هذه الإستراتيجية لا تضمن إيجاد الحل المثالي، وفيها يصل البحث إلى الحل المناسب بشكل أكثر سرعة من البحث بالعرض، وهي ميزة في حالة كان فضاء البحث كبيرا.

وهذين النوعين هما أساس وجود باقي تقنيات البحث الأخرى.

إستراتيجية البحث الأفقي (بالعرض) Breadth-First Search Strategy (BFS)

وهي نفسها تقنية البحث الشامل exhaustive search technique، البحث يولد جميع النقاط على مستوى معين، قبل الوصول إلى المستوى التالي للشجرة، البحث بشكل منظم تستمر باختبار كل نقطة تصل إليها من النقطة الأب.

البحث يستمر نظاميا باختبار كل نقطة ممكنة الوصول من النقطة الأب، قبل أن تتوسع إلى أي واحد من النقاط الأبناء، ويضمن نظام التحكم أن فضاء الانتقالات الممكنة قد تم اختباره بانتظام، ويتطلب هذا البحث أخذ موارد الذاكرة بالاعتبار، والفضاء الذي نصل إليه يكون بحجم متوسط، والحل قد يقع في ألف خطوة بعد نقطة البداية، لكننا نضمن أننا في حال الوصول إلى مسار الحل أن ذلك المسار هو الأقصر الممكن، وينتهي البحث عندما نجد الحل و نتيجة اختبار الحل تكون صائبة، وينتهي البحث عندما نجد الحل ويكون الاختبار صائبا.

إستراتيجية البحث الرأسي (بالعمق) Depth-First Search Strategy (DFS)

هي تقنية بحث شامل وصولا للمسار المطلوب، وهنا يكون البحث مستمرا حتى العمق d، قبل أن نأخذ مسارا آخر بالاعتبار، فإذا كان العمق الأقصى لشجرة البحث هو ثلاثة، ومن ثم إذا كانت هذه الحدود قابلة للوصول، ولم يتم الحصول على الحل، عندئذ يتم العودة إلى المستوى السابق واستكشاف اي بديل متبقي في نفس المستوى، وهكذا.

وإجراءات التتبع الخلفي هي التي تضمن تنظيم وشمولية اختبار جميع المسارات الممكنة، وإذا كانت الشجرة عميقة جدا وكان العمق الأقصى للبحث أقل من العمق الأقصى للشجرة، عندئذ يكون هذا الإجراء المطبق ويسمى "exhaustive modulo of depth".

التعميق التكراري للبحث بالعمق Depth–First Iterative–Deepening (DFID)

تعتبر DFID نوع آخر من إجراءات البحث الشامل التي تكون مزيجا من البحث بالعمق والبحث بالعرض.

خطوات الخوارزمية Algorithm : Steps

- أولا، ننجز بحثا رأسيا (بالعمق) إلى عمق واحد.
- ثم، نبدأ بحثا جديدا (بالعمق) في العمق الثاني، بتجاهل النقاط الناتجة عن البحث السابق.
- ثم، نذهب للعمق الثالث ببحث راسي (بالعمق)، حتى الوصول إلى الحالة الهدف.

البحث بالعمق، أو البحث الرأسي Depth–First Search (DFS)

نوضح فيماي لي شجرة البحث بالعمق أولا، والتتبع الخلفي إلى المستوى السابق، وخوارزمية البحث بالعمق أولا.

يستكشف البحث DFS المسار بكل طرقه حتى الأطراف، قبل أن يعود للخلف و يستكشف مسارا آخر.

مثال :شجرة بحث بالعمق أولا Depth–first search tree

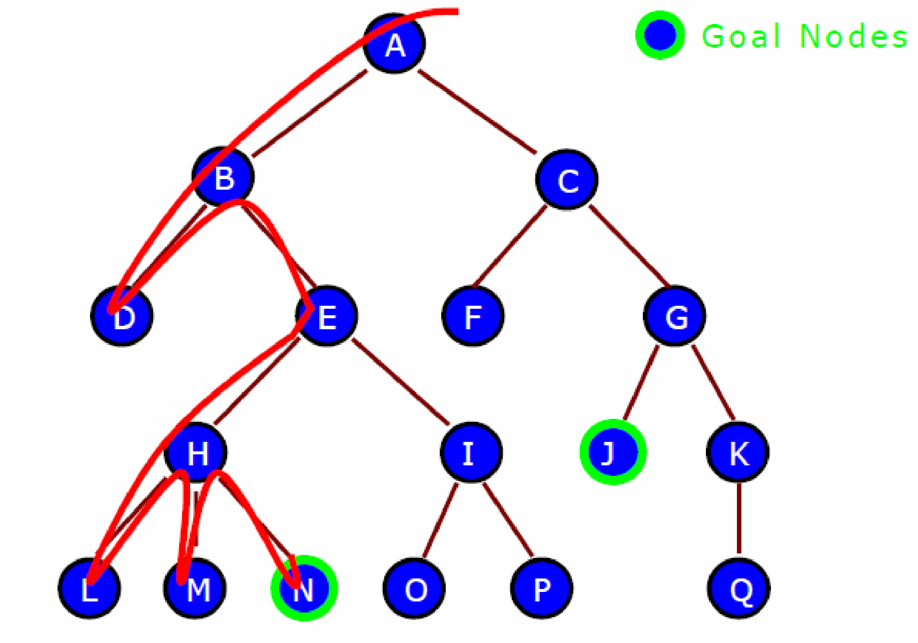


Fig. Depth-first search (DFS)

واضح من الشكل أعلاه أن النقاط تم استكشافها بالترتيب كما يلي:

A B D E H L M N I O P C F G J K Q

بعد البحث في النقطة A ومن ثم B ثم D يتراجع البحث ويحاول مسارا آخر انطلاقا من النقطة B، وعلى ذلك فسيتم الوصول إلى النقطة الهدف N قبل النقطة الهدف J.

خوارزمية البحث بالعمق **Algorithm – Depth–first search**

أولا

نضع النقطة الجذر في المكدس، ثم نبدأ جملة تكرارية تستمر

Put the root node on a stack;

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

طالما أن المكدس غير فارغ، تبدأ الحلقة التكرارية بأخذ النقطة من المكدس، فإذا كانت هذه النقطة هي الهدف فهي تخرج من الحلقة كنجاح للبحث، وإلا فإنها تضع كل النقاط الأبناء لتلك النقطة في المكدس.

في حال الخروج من المكدس الفارغ تعود بفشل البحث في إيجاد النقاط الهدف.

```
while (stack is not empty)
{ remove a node from the stack;
if (node is a goal node) return success;
put all children of node onto the stack; }
return failure;
```

ملاحظات:

- في كل خطوة، يتكون المكدس من بعض النقاط من أي مستوى يمر به.
- حجم المكدس المطلوب يعتمد على عامل التفرع b.
- في مستوى البحث n، يحتوي المكدس تقريبا على n * b نقطة.
- وعندما تنجح هذه الطريقة ، فهي لا تعطينا المسار.
- ولكي نسجل مسار البحث نحتاج إلى الخوارزمية "Recursive depth-first search" ومكدس كبير الحجم.

البحث بالعرض أولا Breadth-First Search (BFS)

نوضح هنا شجرة البحث بالعرض، وخوارزمية البحث بالعرض أولا أو البحث الأفقي، ونستكشف في هذا البحث النقاط الأقرب إلى الجذر، قبل استكشاف النقاط الآباء أو النقاط الأبعد.

مثال لشجرة البحث بالعرض أولا Breadth-first search tree

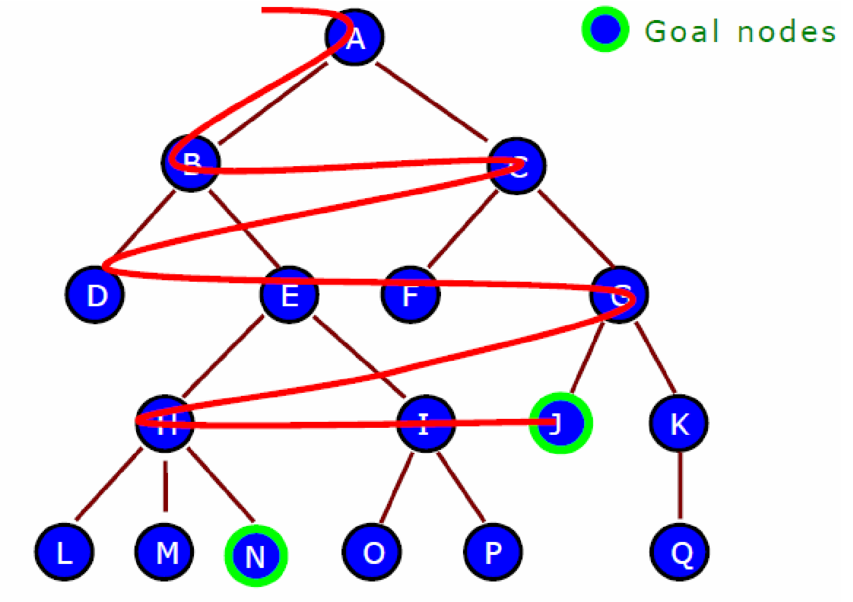


Fig. Breadth-first search (BFS)

لاحظ أن النقاط المستكشفة وفق البحث بالعرض هي:

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

بعد البحث في النقطة A ثم B ثم C، يستمر البحث إلى المستوى الثاني في النقطة D ثم E ...حتى نهاية المستوى الثاني، ثم ينزل إلى المستوى الثالث مادامت النقطة الهدف لم تستكشف بعد، ونلاحظ من الشجرة أعلاه أن النقطة الهدف J قد اكتشفت قبل الوصول للنقطة الهدف N .

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

خوارزمية البحث الأفقي (بالعرض اولا)

نضع النقطة الجذر في الطابور، ثم نبدأ الحلقة التي تستمر طالما كان الطابور غير فارغا، وفيها نأخذ نقطة من الطابور، فإذا كانت هي النقطة الهدف، نعود من الخوارزمية بالنجاح، وإلا نضع في الطابور كل النقاط الأبناء لتلك النقطة .

وإن انتهت الحلقة بدون نتيجة نعلن فشل الخوارزمية في العثور على الهدف.

Algorithm – Breadth–first search

```
Put the root node on a queue;
while (queue is not empty)
{ remove a node from the queue;
if (node is a goal node) return success;
put all children of node onto the queue; }
return failure;
```

ملاحظات:

- يتم تحميل الطابور بجميع النقاط في المستوى n، قبل البدء في استكشاف ذلك المستوى.
- في الشجرة المثالية، يكون يتزايد عدد النقاط في كل مستوى طرديا مع العمق.
- متطلبات الذاكرة Memory requirements قد تكون غير كافية.
- إذا نجحت هذه الطريقة وتوصلت إلى الحل، فهي لا تعطينا مسار الحل.
- ولا توجد هنا دالة تعاوديه recursive مشابهة لتلك في البحث الأفقي السابق.

مقارنة بين البحث الأفقي والرأسي Compare Depth–First and Breadth–First Search

فيما يلي مقارنة بين الخوارزميتين على مستوى المميزات وكيفية تجاوز المعوقات.

المقارنة	البحث الرأسي Depth–first search	البحث الأفقي Breadth–first search

الخوارزميات	نفس الخوارزمية لكن باستخدام الطابور queue:
	Put the root node on a <u>queue</u>;
	while (<u>queue</u> is not empty)
	{
	remove a node from the <u>queue</u>;
	if (node is a goal node)
	return success;
	put all children of node
	onto the <u>queue</u>;
	}
	return failure;
		نفس الخوارزمية لكن باستخدام المكدس stack:
		Put the root node on a <u>stack</u>;
		while (<u>stack</u> is not empty)
		{
		remove a node from the stack;
		if (node is a goal node)
		return success;
		put all children of node
		onto the stack;
		}
		return failure;

مقارنة الميزات	عند النجاح فإن النقطة الهدف المكتشفة لا تكون بالضرورة بالعمق الأدنى. الشجرة الكبيرة قد تتطلب ذاكرة مفرطة الحجم excessive memory، وذلك حتى لإيجاد نقطة قريبة للهدف.	عند النجاح نحصل على المسار الأدنى والأقرب للجذر للنقطة الهدف. الشجرة الكبيرة قد تتطلب ذاكرة مفرطة الحجم excessive memory.

كيفية تجاوز معوقات limitations خوارزميتي الـ DFS والـ BFS ؟

يتطلب الأمر آلية معينة لتجاوز السلبيات، ودمج الإيجابيات للخوارزميتين، وهذا نراه في خوارزمية البحث بالعمق–المحدود Depth–limited search، وهذا يعني تنفيذ البحث الرأسي بالعمق أولا مع العمق المحدود.

٤) تقنيات البحث بآلية الكشف Heuristic Search Techniques

للمسائل المعقدة، الخوارزميات التقليدية المذكورة أعلاه، لا تقدر على إيجاد الحل من ضمن زمن واقعي وفضاء محدد، ولهذا، كثير من التقنيات طورت، باستخدام دوال آلية الكشف heuristic functions:

البحث الأعمى غير ممكن دائما لأنه يتطلب زمن أو ذاكرة كبيرتين، أما البحث الموجه فهو تقنية ضعيفة، لكنه يمكن أن يكون فعالا، إن تم تطبيقه بشكل صحيح، فهو يتطلب معلومات محددة عن ميدان المسألة.

خصائص البحث مع الكشف Characteristics of Heuristic Search

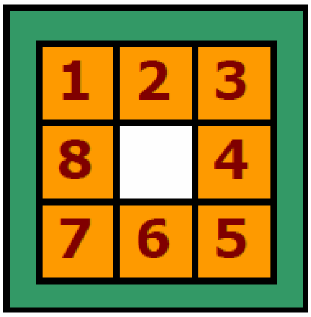
آليات الكشف Heuristics هي تلك المعرفة عن ميدان المسألة، التي تساعد البحث والاستنباط في ذلك الميدان، وهو يدمج المعرفة الميدانية لتطوير الكفاءة عبر البحث الأعمى، وهي دوال عند تطبيقها على الحالات، تعيد لنا قيما كما قدرنا لتلك الحالات، فيما يتعلق بالهدف، وقد تكون آليات الاكتشاف أقل من أو أكبر من تلك المقدر للحالات استحقاقها فيما يتعلق بالحالة الهدف، وآليات الكشف التي تكون اقل من التوقع تكون مطلوبة وندعوها بالمقبولة admissible.

دالة تقييم الكشف تقدم تقديرا عن إمكانية إعطاء الحالة التي تقود إلى الحالة الهدف، ودالة البحث الموجه تعطي تكلفة تقديرية من الحالة الحالية إلى الهدف، بافتراض كفاءة الدالة.

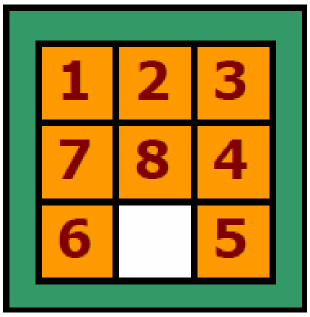
البحث بآلية الكشف Heuristic Search مقارنة بتقنية البحث الأعمى أو القوة العمياء:

Heuristic search	Brute force / Blind search
– يقوم بتقدير مسافة "distance" إلى الحالة الهدف. – يرشد عمليات البحث باتجاه الحالة الهدف. – يميز الحالات (النقاط) الأقرب مسافة إلى الحالة الهدف، وليست بعيدة عنها.	– لديها معرفة فقط عن النقاط التي قامت باستكشافها من قبل. – لا توجد معرفة حول كيف تبعد أي نقطة عن الحالة الهدف.

لعبة اللغز بثمان مربعات 8 – Puzzle



Goal state



state Initial

فضاء الحالة: يتكون من القطع الثمان على اللوح (كما في الشكل) .

الحالة الابتدائية state Initial: أي فضاء حالة غير مرتب كما في الشكل.

الحالة الهدف Goal state: القطع الثمان مرتبة كما في الشكل.

الحل Solution: السلسلة المثالية للمشتغلين باللعبة لتحقيق الحالة الهدف.

الفعل Action: تحريك المربع الفارغ "blank moves"

الشروط Condition: أن تكون الحركات (الأفعال) خلال ضمن اللوح.

الإتجاهات Directions: الاتجاهات الأربع إن أمكن Left, Right, Up, Dn.

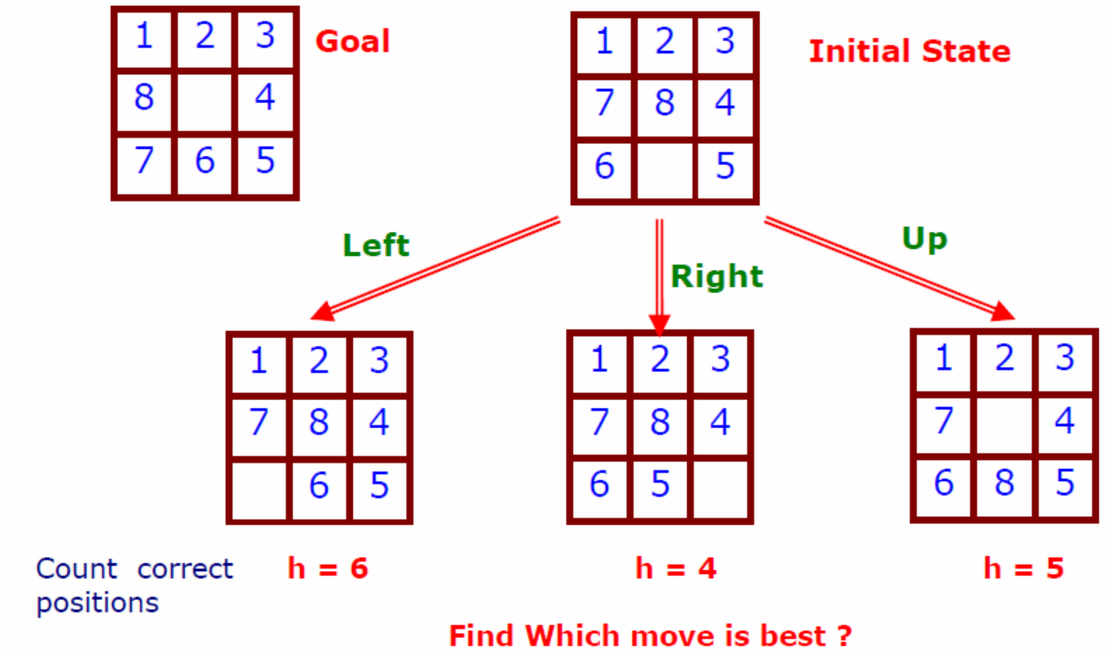
مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

المسألة Problem

- أي تحريكات اللغز 8-puzzle هي الأفضل؟
- ما هي آلية الكشف التي يمكن استخدامها؟
- أي الخطوات أفضل من ناحية، عدم البدء بالأسوأ.

الأفعال Actions

الشكل أدناه يوضح لنا ثلاثة حالات انتقالية محتملة: left , up, right



- تطبيق آلية الكشف يكون بثلاثة منهجيات مختلفة:
  - نقوم بحساب المواقع الصحيحة لكل قطعة، مقارنة بالحالة الهدف.
  - نحسب المواقع الخاطئة لكل قطعة مقارنة بالحالة الهدف.
  - نحسب كم تبعد كل قطعة عن موقعها الصحيح في الحالة الهدف.

بالنسبة للحالات في المثال بالشكل السابق، الجدول التالي يوضح الحسابات أعلاه:

Approaches	**Left**	**Right**	**Up**
1. Count correct position	6	4	5
2. Count incorrect position	2	4	3
3. Count how far away	2	4	4

آلية الاكتشاف Heuristic :

كما هو أعلاه، هناك ثلاثة منهجيات approaches لآلية الكشف:

المنهجية الأولى 1st approach

منهجية:حساب **المواقع الصحيحة** لكل قطعة مقارنة بالحالة الهدف، وتكون المنهجية ناجحة أكثر كلما كان عدد الحالات صحيحة الموقع أكثر في الحالة الابتدائية، كما تتصف بسهولة الحساب فهي أسرع وتأخذ ذاكرة أقل، كما أنها أسهل طرق الكشف المحتملة.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

المنهجية الثانية 2nd approach

منهجية: حساب **المواقع غير الصحيحة** لكل قطعة، مقارنة بالحالة الهدف، وتكون المنهجية أفضل كلما كان عدد الحالات الخاطئة أقل، وتكون الحركة الأفضل هي التي تؤدي إلى إنقاص عدد الحالات العائدة من منهجية الكشف.

المنهجية الثالثة 3rd approach

منهجية: حساب **كم تبعد** كل قطعة عن الموقع الصحيح، أي كم عدد الانتقالات اللازمة لوصول القطعة إلى موقعها الصحيح، وحساب العدد الإجمالي لجميع القطع، وافضل حركة هي التي تؤدي إلى إنقاص الحالات العائدة من آلية الكشف.

خوارزميات البحث بآلية الكشف Heuristic Search Algorithms

خوارزمية افترض واختبر	Generate–And–Test
خوارزمية تسلق الجبل	Hill climbing
خوارزمية البحث عن الأفضل اولا	Best First Search
خوارزمية البحث بتقليص المشكلة	Problem Reduction
خوارزمية تحقيق شرط الرضا	Constraint Satisfaction
خوارزمية النهاية المطلوبة	Mean–end Analysis

٥) نماذج ومسائل شرط الرضا Constraint Satisfaction Problems (CSPs) and Models

الشروط تظهر في معظم مجالات المساعي البشرية، وهي وسائط طبيعي للناس كي تعبر عن المشاكل والمسائل في أكثر الحقول.

أكثر المسائل الحقيقية في الذكاء الاصطناعي يمكن ان تنمذج كمسائل شرط الرضا (CSPs)، ويتم حلها عبر تقنيات البحث، ومن أمثلة الشروط:

- مجموعة ثلاثة زوايا المثلث هو ١٨٠ درجة.
- مجموعة التيارات التي تصب في نقطة واحدة يجب أن يساوي صفر.

الشرط هي علاقة منطقية بين متغيرين أو عدة متغيرات، فالشروط تربط الكائنات بدون تحديد دقيق لمواقعها، وعند تحريك أي واحد منها نظل محافظين على العلاقة، مثال: "الدائرة داخل المربع".

شرط الرضا Constraint satisfaction

شرط الرضا هو عملية إيجاد الحل لمجموعة معينة من الشروط، هذه الشروط تحدد سماحية القيم للمتغيرات، وإيجاد الحل هو تقييم لتلك المتغيرات التي تحقق جميع الشروط.

مسائل شرط الرضا Constraint Satisfaction problems (CSPs)

مسائل شرط الرضا (CSPs) موجودة حولنا دائما، طالما نمارس أعمالنا، وحياتنا الخاصة والعامة وهكذا، وحيثما عجزنا عن إيجاد الحل، نكون بالفعل ضمن مسألة أو مشكلة معينة، فنحتاج إلى إيجاد الحل لمثل هذه المسائل لإرضاء كل الشروط، وكما أسلفنا فهذه المسائل يتم حلها بالبحث search.

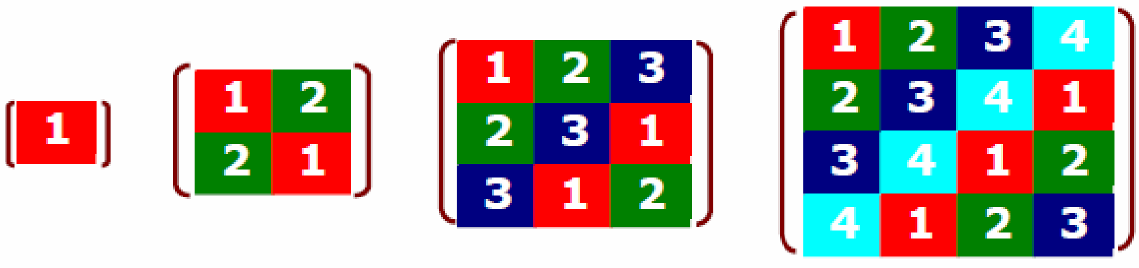
أمثلة لمسائل الرضا Examples of CSPs

فيما يلي مجموعة من المسائل الشائعة الشبيهة بلعبة اللغز، مثل المربع اللاتيني Latin Square والملكات الثمان Eight Queens، ولعبة السودوكو Sudoku المعروفة.

مسألة المربع اللاتيني Latin Square Problem

كيف نستطيع تعبئة جدول أبعاده n × n بـ n رمزا مختلفا، بحيث أن كل رمز يقع بالضبط مرة واحدة في كل صف وكل عمود، وهذا هو شرط الرضا، فلو كان لدينا مربعات لاتينية من n=1 إلى n=4، وكانت الرموز هي الأرقام نفسها لكل مربع، فإن حلها يكون مع تحقيق شرط عدم ظهور الرقم في نفس الصف أو العمود مرتين، سيكون كما يلي:

Solutions : The Latin squares for n = 1, 2, 3 and 4 are :



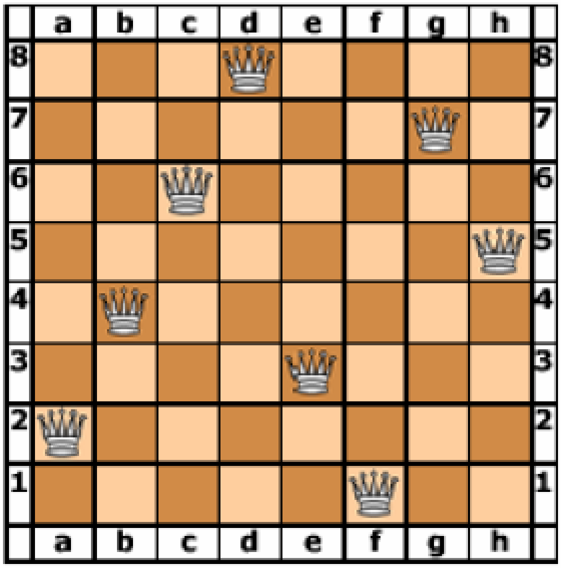
$$\begin{bmatrix}1\end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix}1 & 2\\ 2 & 1\end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix}1 & 2 & 3\\ 2 & 3 & 1\\ 3 & 1 & 2\end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix}1 & 2 & 3 & 4\\ 2 & 3 & 4 & 1\\ 3 & 4 & 1 & 2\\ 4 & 1 & 2 & 3\end{bmatrix}$$

مسألة لغز الملكات الثمان Eight Queens Puzzle Problem

شرط الرضا: كيف نستطيع وضع ثمان ملكات على رقعة أبعادها (8 x 8)، بشرط عدم تهديد أي ملكة للأخرى؟

chess board such that no queen can attack any other queen ?

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html



Unique solution 1

الإجابة Solutions

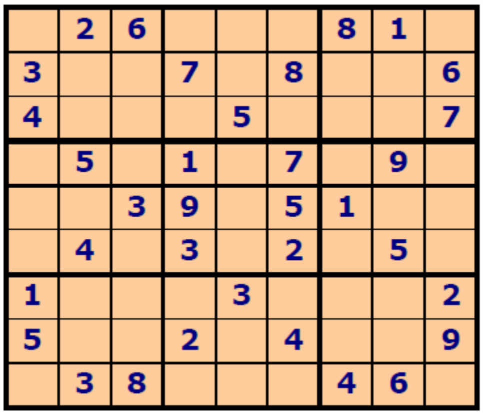
يملك هذا لغز الملكات الثمان ٩٢ حلا مختلفا، وعندما نأخذ بالحسبان الحلول المتشابهة الناتجة عن التدوير والانعكاس لرقعة الشطرنج، سيكون لهذا اللغز ١٢ حلا وحيدا. مع افتراض أن الحالة الابتدائية هي حالة الرقعة فارغة والملكات خارجها، وكل الحلول السابقة هي حالات هدف محتملة.

مسألة السدوكو Sudoku Problem

كيف يمكن تعبئة جميع مربعات شبكة مجزأة أبعادها (9 × 9)، بحيث يكون كل صف وكل عمود وكل مربع (3 × 3) من المربعات التسعة، مكونا من جميع الأعداد من ١ إلى ٩.

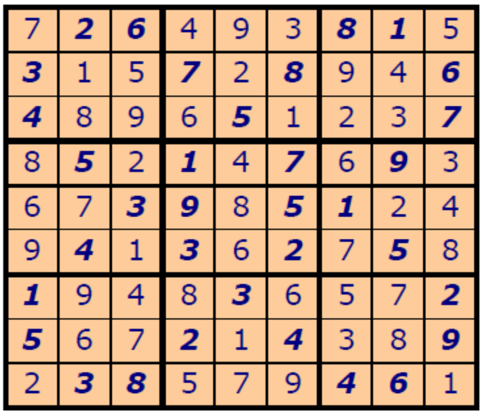
في الشكلين التاليين مسألة وحلها، حيث يتم إعطاء حالة ابتدائية للشبكة، يتم تعبئتها للوصول إلى حالة هدف تحقق الشرط.

Problem



	2	6				8	1	
3			7		8			6
4				5				7
	5		1		7		9	
		3	9		5	1		
	4		3		2		5	
1				3				2
5			2		4			9
	3	8				4	6	

Solution



7	**2**	**6**	4	9	3	**8**	**1**	5
3	1	5	**7**	2	**8**	9	4	**6**
4	8	9	6	**5**	1	2	3	**7**
8	**5**	2	**1**	4	**7**	6	**9**	3
6	7	**3**	**9**	8	**5**	**1**	2	4
9	**4**	1	**3**	6	**2**	7	**5**	8
1	9	4	8	**3**	6	5	7	**2**
5	6	7	**2**	1	**4**	3	8	**9**
2	**3**	**8**	5	7	9	**4**	**6**	1

نماذج شرط الرضا Constraint Satisfaction Models

يقوم الإنسان بحل المسائل الموضحة أعلاه، عندما يقوم بالمحاولة مجربا حالات مختلفة، مستخدما عددا متنوعا من المشاهدات حول المسألة، من أجل استكشاف عدد صغير من المحاولات.

وقد لا يكون من الواضح ما هي المشاهدات المطلوبة، فمثلا بالنسبة للملكات الثمان، في رقعة الشطرنج القياسية (8 × 8)، وكما أسلفنا لدينا ٩٢ حلا للمسألة، عندما يقوم الإنسان بمحاولة حل المسألة، يكون من الصعب عليه فعل ذلك عندما تكون قيمة N أكبر.

فيما يلي أمثلة عن الحلات الممكنة لكل رقعة حسب قيم N أي عدد الملكات وأبعاد الرقعة:

For 4–Queens there are 256 different configurations.

For 8–Queens there are 16,777,216 configurations.

For 16–Queens there are 18,446,744,073,709,551,616 configurations.

In general, for N – Queens there are we have NN configurations.

For N = 16, this would take about 12,000 years on a fast machine.

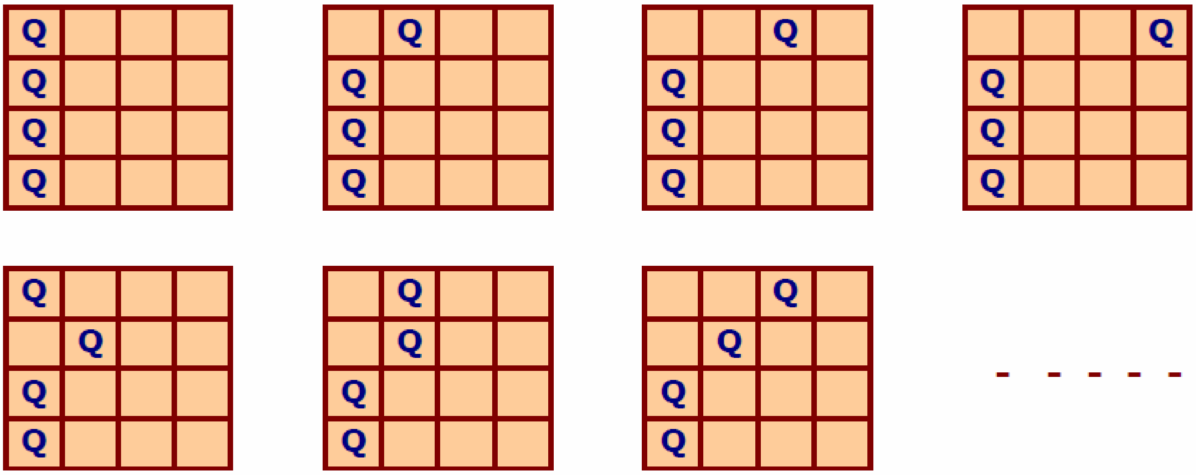
كيف نقوم بحل مسائل كهذه How do we solve such problems

فيما يلي ثلاثة نماذج أو منهجيات معتمدة على الحاسوب، هي:

١. افترض ثم اختبر Generate and Test (GT)
٢. التتبع الخلفي Backtracking (BT)
٣. مسائل شرط الرضا Constrain Satisfaction Problems (CSPs)

افترض ثم اختبر Generate and Test (GT)

سنعطي مثلا لتطبيق هذه المنهجية في حل مسالة الملكات الأربع Queens puzzle أي عندما n = 4، في يملي نقدم محاولة للحل بتوليد مواقع مرتبة للملكات الأربع واختبار تحقق الهدف كل مرة، وهكذا، حتى إيجاد الحل:



التتبع الخلفي Backtracking (BT)

الحلول الممكنة للمثال السابق الملكات الأربع Queens puzzle 4 = n، يعتمد أسلوب التتبع الخلفي على الاختبار المنتظم للحلول الممكنة، بحيث تحاول الخوارزمية تجربة كل احتمال ممكن التطبيق، حتى إيجاد الحل الصائب، وهي تختلف عن أسلوب القوة العمياء (البحث الشامل)، فالقوة العمياء تولد كل الحلول، حتى تلك التي تظهر من حلول جزئية مستحيلة، والتتبع الخلفي مشابه للبحث بالعمق أولا، لكنه يستخدم فضاء أقل، بالاحتفاظ بحالة حل حالية واحدة فقط، والتحديث عليها.

وخلال البحث، إن كانت البدائل لا تعمل، يعود أسلوب التتبع الخلفي backtracks إلى أفضل نقطة حيث بدأ ظهور النقاط البديلة، ومن ثم يحاول البحث البدائل التالية، وعندما تستنزف البدائل، يعود البحث إلى أقرب نقطة جيدة، ويحاول البحث من في البديل التالي، وإن انتهت النقاط الممتاز مع استنزاف البحث فهذا يعني فشل البحث في العثور على حل مرض.

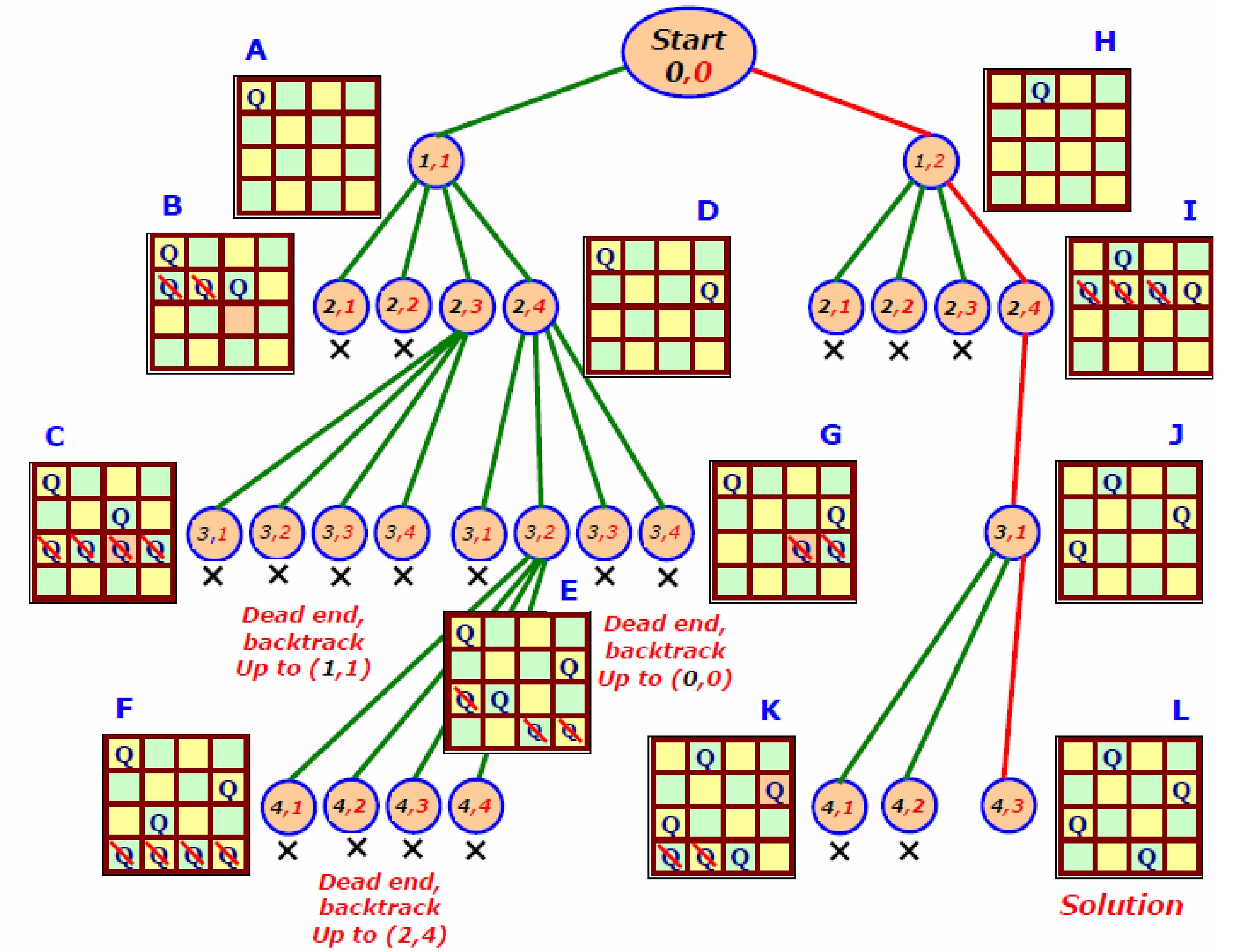
وهذا الأسلوب ينفذ دائما باستخدام الدوال التعاودية التكرارية recursive function، حيث تأخذ كل نسخة منها متغير أو أكثر، وتقوم بربط جميع القيم المتاحة بها اختياريا، مع الإبقاء على القيمة المتسقة مع الاستدعاء التكراري اللاحق recursive calls.

ملاحظة : جدوى feasible وعدم جدوى infeasible الحلول الجزئية في تشذيب pruning شجرة الحل solution tree.

- يتم تقييم الحلول الجزئية ما إذا كانت مجدية (قابلة للتطبيق).
- يقال عن الحل الجزئي أنه مجد feasible أو عملي، إن كنا نستطيع تطويرها بخيارات إضافية، بدون انتهاك أيا من شروط المسألة.
- الحل الجزئي يقال عنه أنه غير مجد، إذا لم يكن هناك اختيارات مشروعة لأي واحد من الحالات المتبقية.
- عملية ترك الحلول الجزئية غير العملية (غير المجدية)، تسمى عملية تقليم شجرة الحل pruning the solution tree.

تكون تقنية التتبع الخلفي Backtracking أكثر كفاءة لحل المسائل، مثل مسالة الملكات-ن n–Queens، فيما يلي مثال يحل مسألة الملكات-٤.

حل مسألة الملكات الاربع بالتتبع الخلفي N = 4 Queens problem:


Start
0,0
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
1,1
1,2
2,1
2,2
2,3
2,4
3,1
3,2
3,3
3,4
4,1
4,2
4,3
4,4
Dead end, backtrack Up to (1,1)
Dead end, backtrack Up to (0,0)
Dead end, backtrack Up to (2,4)
Solution

الشكل أعلاه يوضح شجرة فضاء الحالات state space tree، لنسخة من مسألة الملكات الأربع، حيث يعبر الزوج المرتب (i,j)، في كل نقطة، عن الموقع المحتمل (row, column) للملكة، بأسلوب صف row عمود column المعروف.

ونعبر عن **الخوارزمية Algorithm** بالشكل بالخطوات التالية، حيث يتم تنفيذ خوارزمية التتبع الخلفي إما بالتنقل عبر الصفوف أو الأعمدة:

- دونما سبب واضح قمنا باختيار التنقل عبر الأعمدة.
- لكل عمود، نختار صفا لنضع فيه ملكة.
- يكون الحل الجزئي مجديا أو عمليا feasible، إن لم يكن هناك تعارض في موقع إي ملكتين على الرقعة، أي لا يكون بإمكان ملكة أن تهاجم الأخرى حسب قواعد تحرك الملكة المعروفة في الشطرنج.

لاحظ أنه لا يمكن لأي حل مجدي feasible أن يحتوي على حل جزئي غير مجدي infeasible.

١. قم بتحريك خطوة واحدة (من اليسار لليمين) كل مرة.

٢. من أجل العمود j، قم باختيار صف جديد للملكة، وافحص جدوى الحل الجزئي:

   i. إذا كان هناك هجوم محتمل على الملكة، من قبل ملكات في الأعمدة 1 إلى (j−1) نقوم بإلغاء هذا الحل.

   ii. لكل حالة جزئية مجدية في العمود j ، قم بعمل النقل وجرب النقل في العمود (j+1).

   iii. إن لم يكن هناك نقلات مجدية في العمود j، عد إلى العمود (j−1) وجرب حالة نقل أخرى.

٣. استمر بما سبق حتى يتم إحلال جميع الأعمدة N، أو حتى لا تجد حالة مجدية متاحة.

مسائل شرط الرضا Constrain Satisfaction Problems (CSPs)

التتبع الخلفي الموضح سابقا هو طريقة رئيسية لحل المسائل، كمسألة الملكات-ن، لكن الطريقة المطلوبة هي طريقة حل قابلة للتعميم لأي مسألة generalized solution.

تصميم خوارزميات لحل الصنف العام من المسائل

من أجل تصميم خوارزمية ليست مخصصة لحل مسِألة الملكات-ن، لكننا نحتاج إلى استخدامها في حل مسألة الملكات-ن من اجل التعبير عنها كخوارزمية لحل التصنيف العام من المسائل، فمسألة الملكات-ن N-queens يمكن تمثيلها كمسألة شرط الرضا، ونعلم أنه لحل مسائل CSPs نقوم باكتشاف الحالات أو الكائنات التي تحقق عدد من الشروط أو المعايير، وتحل هذه المسائل من خلال البحث.

وقبل التعامل مع مسائل CSPs، نحتاج إلى تعريف مسألة الـCSPs، وخصائص الميدان المرتبطة بالشروط، وهنا سنوضح:

- تعريف مسائل شرط الرضا CSPs.
- خصائص مسائل شرط الرضا CSPs.
- خوارزميات حل مسائل شرط الرضا CSPs.

تعريف مسائل شرط الرضا Definition of a CSPs

التعريف الرسمي المنهجي لمسائل الرضا يشمل المتغيرات variables، ميادين التطبيق domains والشروط constraints، ويتم تعريف شبكة الشروط constraint network بواسطة:

- مجموعة المتغيرات، $V_1 , V_2, ... , V_n$.
- ميدان أو مجال القيم $D_1 , D_2, ... , D_n$.
- جميع المتغيرات V_i تكون فيما ضمن المجال المناظر D_i .
- مجموعة الشروط $C_1 , C_2, ... , C_m$.
- الشرط C_i يضبط القيم الممكنة في النطاقات أو الميادين لبعض المتغيرات الجزئية.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

- المسألة: هل هناك إجابة للشبكة؟، بمعنى علاقة بين القيم والمتغيرات التي تحقق شرط أو شروط الرضا؟.
- حل مسألة شرط الرضا: هل هناك علاقة أو رابط بين جميع المتغيرات ببعض القيم في نطاقاتها بحيث تحقق كل شروط الرضا، وأيضا كل رابط بين القيم والمتغير يجب أن يكون متسقا، بمعنى أنه يجب أن لا ينتهك أي واحد من الشروط.

مثال:

يمكن صياغة المسألة بشكل لغز، كأن نقول لدينا ثلاث كرات يمكن أن يكون لون الكرة منها: احمرا او ازرقا او اخضر أو أي لونين منهما، ما هي ألوان الكرات الثلاث المحتملة بشرط عدم تساوي الكرة الأولى والثانية باللون.

الإجابة التالية توضح طريقة صياغة مسألة الرضا، وتوليد بعض حالات الحل للمسألة أعلاه:

Variables المتغيرات

- V1 , V 2, V 3, . . . with Domains D1 , D2 , D3 , . . .

Constraints الشروط

- Set of allowed value pairs {(red, blue), (green, blue), (green, red)}

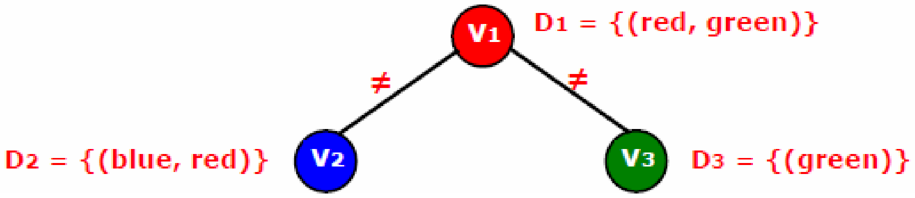
  مجموعة القيم المسموح بها، هي مجموعة الأزواج المرتبة {(red, blue), (green, blue), (green, red)}

- V1 "not equal to" V2,

  وبشرط عدم تساوي المتغيرين V1 و V2.

Solution

- Assign values to variables that satisfy all constraints
- V1 = red , V2 = blue , V3 = green ,



خصائص مسائل شرط الرضا Properties of CSPs

تستخدم الشروط لتوجيه تفسير الحس المشترك اليومي، وتتمتع بخصائص عديدة مثيرة للاهتمام:

- قد تحدد الشروط معلومات جزئية partial information، لا يحتاج الشرط بشكل استثنائي إلى تحديد قيم متغيراتها.
- الشروط أيضا ليست اتجاهية non-directional، بمعنى أن الشرط عندما يحدد متغيرين V1, V2 مثلا، يمكن أن يستخدما للاستدلال على وجود شرط على V1 يعطي شرطا على V2 والعكس بالعكس.
- الشروط تصريحية declarative كذلك، فهي تحدد ما هي العلاقة التي يجب أن تحمل بدون تحديد إجراءات حسابية لفرض تلك العلاقة.
- ومن خصائص الشروط أيضا أنها جمعية additive، فلا يشكل ترتيب الشروط عبئا، فكل الاهتمام في النهاية ينصب على تأثير ارتباطها.
- والشروط أخيرا، لا تكون مستقلة إلا نادرا، فالشروط المثالية تختزن متغيرات مشتركة.

خوارزميات مسائل شرط الرضا Algorithms for CSPs

بالنظر إلى مسالة لعبة الملكات الثمان Queens puzzle 8 = n، وكما ذكرنا أعلاه تتكون مسالة شرط الرضا من ثلاثة مكونات:

مجموعة المتغيرات variables، ومجموعة القيم values لأي من المتغيرات، ومجموعة الشروط constraints المفروضة بين المتغيرات، بحيث نقوم بإيجاد قيمة لأي من المتغيرات بحيث تحقق الشروط.

الشروط Constraints

الشرط هو علاقة بين مجموعة محلية من المتغيرات، وهو يضبط القيم التي تستطيع تلك المتغيرات أن تأخذها في نفس الوقت. مثلا الشرط All–diff(X1, X2, X3)، يقول لنا أن المتغيرات X1, X2, X3 يجب أن تكون قيمها مختلفة عن بعضها، فإذا كانت المجموعة {1, 2, 3} هي مجموعة القيم لتلك المتغيرات، فإن الحالة X1 = 1, X2 = 2, X3 = 3، تكون مقبولة، أما الحالة X1 = 1, X1 = 1, X1 = 3 فهي غير مقبولة.

إيجاد الحل Finding a Solution

إن عملية إيجاد علاقة عامة لكل المتغيرات التي تحقق كل الشروط، هي مسألة NP–Complete صعبة، ومسألة NP (nondeterministic polynomial–time hard) هي واحدة من توصيفات مسائل الذكاء الاصطناعي المهمة.

تقنيات الحل تعمل بواسطة البحث المثابر من خلال فضاء الارتباطات الممكنة بين المتغيرات والقيم، وإذا كان أي متغير يملك القيم d وكانت لدينا المتغيرات n، فسيكون لدينا d_n من الارتباطات الممكنة بينها.

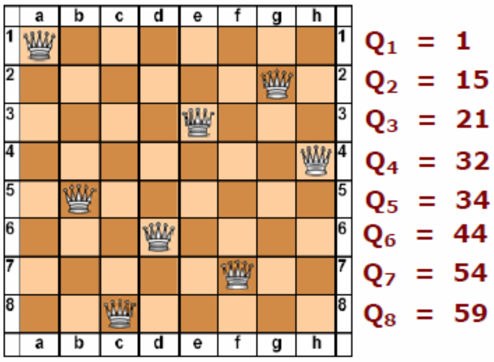
تمثيل Representations مسألة الملكات الثمان N = 8 Queens كمسألة شرط الرضا CSP:

هذه المسألة يمكن تمثيلها كمسألة شرط الرضا CSP بعدة طرق مختلفة، كما يلي:

الطريقة واحد Representation 1

نريد أن نعرف أين يمكن وضع كل واحدة من الملكات الثمان، ويمكن أن يكون لدينا المتغيرات N نمثل كل واحد منها كقيمة من N2 . . . 1، والقيم تمثل لنا أين نضع أي متغير i^{th} معين.

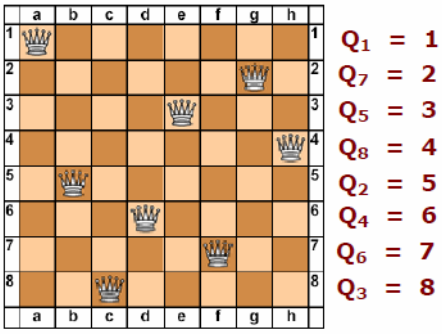
وحسب هذا التمثيل يكون لدينا ارتباطات مختلفة ممكنة عدد 64^8 ارتباطا، أي 64^8= 281,474,976,710,656 ارتباطا مختلفا في فضاء البحث search space.



هذا الشكل يوضح مواضع الملكات ممثلة كقيم للمتغيرات في طريقة التمثيل الأولى، بدء من المربع الأول حتى المربع الأخير رقم ٦٤.

الطريقة اثنين Representation 2

هنا نحن نعرف مسبقا، أنه لا يمكننا وضع ملكتين في نفس العمود، وعليه نقوم بربط ملكة واحدة مع كل عمود، ومن ثم نكتشف الصفوف حيث يمكن وضع أي من الملكات فيها، يمكن أن يكون لدينا N متغيرا: $Q_1 , ... , Q_N$، ومجموعة القيم لأي من هذه المتغيرات هي: {1 , 2 , . . . , N}، وهذا التمثيل يمتلك 8^8 ارتباطا مختلفا ممكنا في فضاء البحث، أي 16,777,216 ارتباط، ورغم كونها اقل من الطريقة السابقة كتطوير جيد عنها، إلا أنها تظل كبيرة لكي يتم فحص كل الحالات.



هذا الشكل يوضح مواضع الملكات ممثلة كقيم للمتغيرات في طريقة التمثيل الثانية، ويتم الترقيم حسب الصفوف لا المواقع.

الشروط Constraints: نقوم بترجمة أي من الشروط الفردية إلى شرط منفصل.

الشرط واحد Condition 1: لا تستطيع الملكات أن تهاجم بعضها البعض.

إذا كانت الملكة Q_i تستطيع مهاجمة الملكة Q_j بحيث $i \neq j$، فإنه يجب تغيير موقع الملكة Q_i على مستوى العمود i، وتبقى الملكة Q_j في موقعها ضمن العمود j، وتكون قيمتا المتغيرين Q_j و Q_i هي موقع العمودين اللذين يقعان فيهما.

الشرط اثنين Condition 2: تستطيع الملكات مهاجمة بعضها البعض.

رأسيا، إذا كانت الملكات في نفس العمود، نعلم أنه من المستحيل أن تكون الملكتان Q_j و Q_i في نفس العمود، وأفقيا، إذا كانت الملكات في نفس الصف، نحتاج إلى الشرط $Q_i \neq Q_j$.

وإذا كانت أي من الملكات على نفس القطر مع أخرى، فلا تستطيع أن تكون في نفس العمود أو الصف أيضا، فنحتاج إلى الشرط $| Q_i - Q_j | \neq | i - j |$.

تمثيل الشروط Representing the Constraints

بين كل زوج من المتغيرات Q_i و Q_j بحيث $i \neq j$، يمثل الشرط بالصيغة: $C_{i\,j}$.

لكل شرط $C_{i\,j}$ يكون الارتباط للقيم بالمتغيرات بالصيغة $Q_i = A$ و $Q_j = B$ محققا لذلك الشرط إذا وفقط إذا كان $A \neq B$ و $| A - B | \neq | i - j |$.

حلول المسألة Solutions

حل مسألة الملكات–ن N – Queens، هو أي ارتباط من القيم إلى تلك المتغيرات $Q_N , \ldots , Q_1$ التي تحقق كل الشروط.

يمكن للشروط أن تتكون من أي مجموعة من المتغيرات.

تحتاج مسائل الملكات–ن فقط إلى شروط ثنائية binary constraints، بمعنى شروط تتكون من أزواج من المتغيرات.

إذا قمنا بكل بساطة بسرد واختبار كل الارتباطات الممكنة، فإننا نستطيع معرفة مجموعة جزئية من المتغيرات، التي يكون الحل بها مستحيلا، وهكذا، نستطيع لمس التحسن في مختلف الارتباطات في فضاء البحث.

وأخيرا، بالتعبير عن المسألة كمسألة شرط الرضا، يكون لدينا طريقة منتظمة، للإنجاز بكفاءة إضافية.

الملاحظات Remarks

فيما يلي بعض الملاحظات عن مواضيع مهمة، التتبع الخلفي العام، والفحص الأمامي، وترتيب المتغيرات.

التتبع الخلفي العام Generic Backtracking

التتبع الخلفي العام هو الخوارزمية الأبسط والأقدم من أجل حل مسائل شرط الرضا، والفكرة تتم بالبحث في شجرة من ارتباطات المتغيرات، وكما نتحرك لأسفل الشجرة، نقوم بربط القيمة بمتغير جديد، وعندما نقوم بربط جميع المتغيرات التي

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

تشترك في الشرط، فإننا نفحص الشرط. وفي أي نقطة إذا تم انتهاك الشرط، فإننا نقوم بتتبع خلفي إلى المستوى الأعلى في الشجرة.

ملاحظة Note

إن فكرة البحث في الشجرة عن ارتباطات المتغيرات هي فكرة قوية جدا، مع أن التتبع الخلفي العام ليست خوارزمية جيد جدا، ورغم أن التتبع الخلفي BT أسرع كثيرا من أي سرد حسابي بسيط، إلا أن كل خوارزميات حل مسائل شرط الرضا CSPs تأخذ زمنا، ويزيد بشكل كبير طرديا مع حجم المسألة.

التفحص الأمامي Forward Checking

التفحص الأمامي يعتمد على فكرة النظر للأمام في الشجرة، لرؤية ما إذا كنا قد ربطنا قيمة ما، مسبقا، إلى واحد من المتغيرات غير المرتبطة، وهي تعتمد على فكرة تقليم ميدان أو نطاق المتغيرات غير المرتبطة.

ترتيب المتغير Variable Ordering

إن اختيار المتغير أمر مؤثر بشكل حرج على الأداء، وكفاءة خوارزميات البحث تعتمد على الترتيب الذي يتم فيه التعامل مع متغيرات المسألة، وهذا الترتيب يؤثر على كفاءة الخوارزمية، وهناك آليات اكتشاف مختلفة للترتيب الساكن او الديناميكي للقيم والمتغيرات.

٦) **مراجع وكتب نصية** References Textbooks مستخدمة من قبل المصدر

1. "Artificial Intelligence", by Elaine Rich and Kevin Knight, (2006), McGraw Hill companies Inc., Chapter 2-3, page 29-98.

2. "Artificial Intelligence: A Modern Approach" by Stuart Russell and Peter Norvig, (2002), Prentice Hall, Chapter 3-6, page 59-189.

3. "Computational Intelligence: A Logical Approach", by David Poole, Alan Mackworth, and Randy Goebel, (1998), Oxford University Press, Chapter 4, page 113-163.

4. "Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving", by George F. Luger, (2002), Addison-Wesley, Chapter 2-6, page 35-193.

5. "AI: A New Synthesis", by Nils J. Nilsson, (1998), Morgan Kaufmann Inc., Chapter 7-9, Page 117-160.

6. "Artificial Intelligence: Theory and Practice", by Thomas Dean, (1994), Addison-Wesley, Chapter 3-4, Page 71-131.

7. Related documents from open source, mainly internet. An exhaustive list is being prepared for inclusion at a later date.

-٣-

قضايا تمثيل المعرفة، المنطق الخبري والقوانين

Knowledge Representation Issues, Predicate Logic, Rules

المحتوى:

- تمثيل المعرفة Knowledge Representation
- تمثيل المعرفة باستخدام المنطق الخبري KR Using Predicate Logic
- تمثيل المعرفة باستخدام القوانين KR Using Rules
- المراجع References

ترجمة وإعداد فهد آل قاسم

fhdalqasem@yahoo.com

نقلا عن الرابط:

www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

كيف نقوم بتمثيل ما نعرفه ؟

المعرفة Knowledge هي مصطلح عام general term.

يتطلب إجابة هذا السؤال "how to represent knowledge" تحليلا للتمييز بين المعرفة "كيف" والمعرفة "أن" أو ماذا.

معرفة كيف تفعل الشيء "knowing "how to do something: وذلك مثل: معرفة كيف تقود السيارة، وتسمى بالمعرفة الإجرائية Procedural knowledge.

معرفة أن شيئا ما صائب أو خاطئ "knowing "that something is true or false: وذلك مثل: معرفة حدود السرعة لسيارة على الطريق السريع، وتسمى بالمعرفة التصريحية.

إن المعرفة وطريقة تمثيلها مفهومين مختلفين، وهما يلعبان دورين مركزيين ولكن مختلفين في النظم الذكية، فالمعرفة هي وصف للعالم، وتحدد قدرة النظام system's competence بواسطة ما يعرفه ذلك النظام، أما تمثيل المعرفة فهو طريقة ترميز المعرفة، بحيث يعرف أداء النظام system's performance في فعل بعض الأشياء.

وكل نوع مختلف من المعرفة يتطلب نوعا مختلفا من تمثيل المعرفة.

إن نماذج تمثيل المعرفة The Knowledge Representation models وآلياتها تعتمد عادة على:

- المنطق Logic
- القوانين Rules
- القوائم أوالإطارات Frames
- شبكات الدلالة Semantic Net

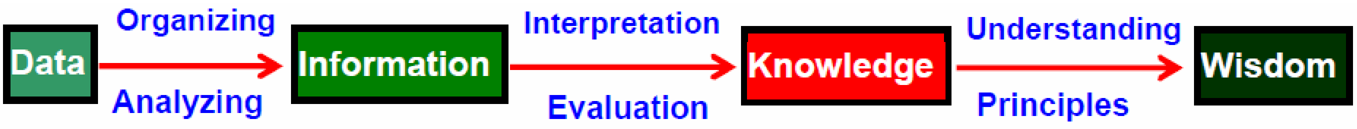
والأنواع المختلفة من المعرفة تتطلب أشكالا مختلفة من أساليب التفسير reasoning.

٧) **مقدمة** Introduction

كما أسلفنا فالمعرفة هي مصطلح عام، وتعرف أيضا بأنها: التعاقب أو التسلسل الذي يبدأ بالبيانات data التي تكون ذات منفعة محدودة، وبتنظيم organizing وتحليل analyzing تلك البيانات، نتوصل إلى فهم ما تعنيه تلك البيانات، فتتكون لدينا معلومات information، وبتفسير interpretation وتقييم evaluation المعلومات نحصد المعرفة knowledge، وفهم المبادئ المضمنة في هذه المعرفة يكون لدينا الحكمة wisdom.

تعاقب المعرفة Knowledge Progression

الشكل أدناه يوضح بالرسم التعريف السابق لتعاقب أو تسلسل المعرفة من البيانات حتى الحكمة، وهي تتم مع الإنسان بطريقة طبيعية، يهدف الذكاء الاصطناعي إلى أتمتتها.



البيانات Data ينظر إلى البيانات كمجموعة من الحقائق المنفصلة عن بعضها، مثلا قولنا: إنها تمطر.

المعلومات Information تظهر المعلومات عندما يتم تأسيس وفهم العلاقات بين الحقائق، كإجابة للاسئلة من وماذا واين ومتى، مثلا عندما نربط الحقائق في المثال السابق ونقول: درجة الحرارة انخفضت إلى ١٥ درجة، مما جعلها تمطر.

أما المعرفة Knowledge فتظهر عندما نقوم بتعريف وفهم الأنماط patterns بين العلاقات السابقة، فنحصل على إجابات لأسئلة من نوع كيف؟، مثلا عندما نقول: إذا كانت تكون الرطوبة عالية جدا ودرجة الحرارة منخفضة فعليا، فإنه لا يكون من المتوقع أن تحمل الأجواء الرطوبة، لهذا فإنها تمطر.

وأخير فالحكمة Wisdom هي ذروة الفهم، وكشف أسس العلاقات التي تصف الأنماط، فنحصل على إجابة التساؤل لماذا؟، ومثال ذلك: الإحاطة بفهم كل التفاعلات الحادثة بين المطر والتبخر وتيارات الهواء ودرجات الحرارة وتغيراتها.

نموذج بيلنجر ١٩٨٠ للمعرفة Knowledge Model (Bellinger 1980)

يوضح نموذج المعرفة درجة تزايد الترابط "connectedness" والفهم "understanding"، ففيه نتقدم من البيانات من خلال المعلومات والمعرفة وصولا إلى الحكمة. كما في الشكل الذي يوضح النموذج، والعلاقة الطردية بين درجتي الترابط والفهم.

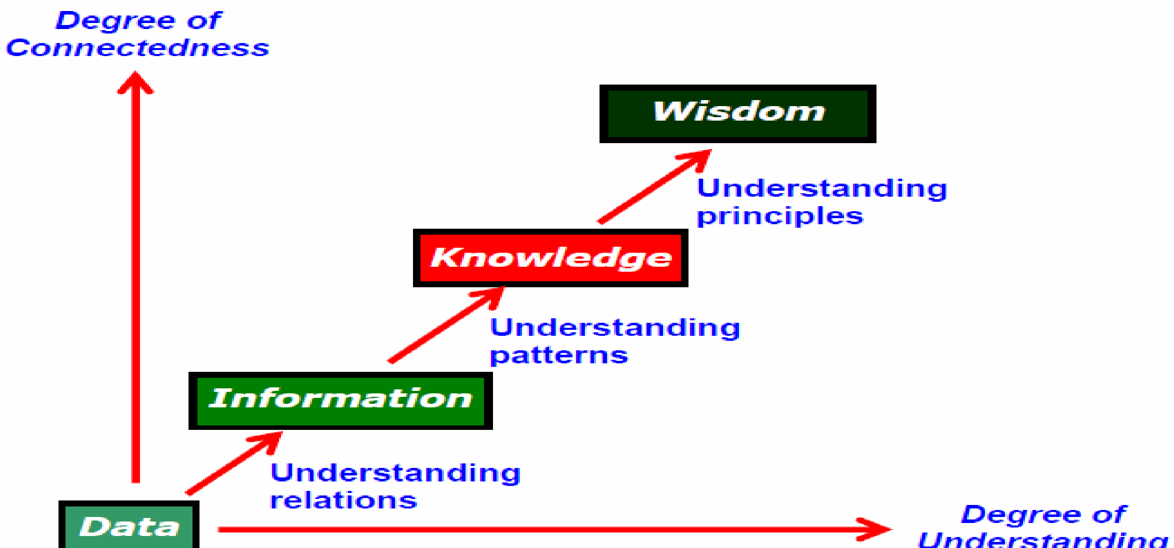


Fig. Knowledge Model

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

، فالانتقالات تكون من البيانات إلى المعلومات إلى المعرفة understanding والفهم transitions النموذج يمثل الانتقالات وأخيرا الحكمة، أما الفهم فيدعم الانتقال من حالة إلى أخرى.

الاختلاف بين البيانات، والمعلومات، والمعرفة، والحكمة ليست منفصلة عن بعضها البعض في الغالب، فهي متقاطعة كالظلال الرمادية، بدلا عن كونها بيضاء أو سوادا.

فالبيانات والمعلومات تتعامل مع الماضي، وهي تعتمد على جمع الحقائق وإضافتها إلى سياق معين، أما المعرفة فتتعامل مع الحاضر الذي يساعدنا على الإنجاز، والحكمة تتعامل مع المستقبل، فهي تكسب رؤية من أجل ما سيحدث، بدلا عن ما يحدث أو قد حدث.

فئات المعرفة Knowledge Category

تصنف المعرفة إلى نوعين رئيسين هما: المعرفة الصامتة Tacit الضمنية والمعرفة الصريحة Explicit، المعرفة الضمنية تدل أيضا على أنواع المعرفة غير الرسمية غير الواضحة، والمعرفة الصريحة تدل على الأنواع الرسمية للمعرفة.

Explicit knowledge **المعرفة الصريحة**	**Tacit knowledge** **المعرفة الضمنية**
• Exists outside a human being; it is embedded.	• Exists within a human being; it is embodied.
• موجودة خارج الكائن الإنساني، وتكون مدمجة.	• موجودة في الكائن البشري، وتكون مجسدة بشخصه.
• Can be articulated formally.	• Difficult to articulate formally.
• نستطيع وضعها بصيغة رسمية.	• يصعب وضعها رسميا.
• Can be shared, copied, processed and stored.	• Difficult to communicate or share.
• نستطيع مشاركتها ونسخها ومعالجتها وتخزينها.	• يصعب الاتصال بها ومشاركتها.
• Easy to steal or copy	• Hard to steal or copy.
• يسهل سرقتها ونسخها.	• يصعب سرقتها أو نسخها.
• Drawn from artifact of some type as principle, procedure, process, concepts.	• Drawn from experience, action subjective insight.
• ترسم من التوثيق الرسمي والإجراءات والعمليات والمفاهيم.	• ترسم من الخبرات والأفعال ذات الرؤى الشخصية.

خريطة تصنيف المعرفة Knowledge Typology Map

الخريطة ترينا نوعين أساسيين من المعرفة، المعرفة الضمنية والصريحة، المعرفة الضمنية Tacit knowledge تظهر من الخبرة والفعل والموضوع والرؤية، والمعرفة الصريحة Explicit knowledge تظهر من اللوائح والإجراءات والعمليات والمفاهيم المشاهدة عبر المحتوى المدون أو المنتج الصناعي أو أي نوع.

الحقائق Facts هي بيانات أو نسخ تكون محددة وفريدة.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

المفاهيم Concepts هي فئات العناصر أو الكلمات أو الأفكار التي تعرف بواسطة اسمها الشائع وتتشارك ميزات عامة.

العمليات Processes : هي تدفق من الأحداث أو الأنشطة التي تصف كيف تعمل الأشياء بدلا من كيف نقوم بعمل الأشياء.

الإجراءات Procedures: هي سلسلة من الأنشطة المنفذة خطوة بخطوة والقرارات التي تنتج بعد الإنجاز الحاصل للمهام.

المبادئ Principles : هي خطوط عامة وقوانين وبارميترات للتحكم، وهي تسمح بعمل التوقعات وسحب أو تصورالنتائج.

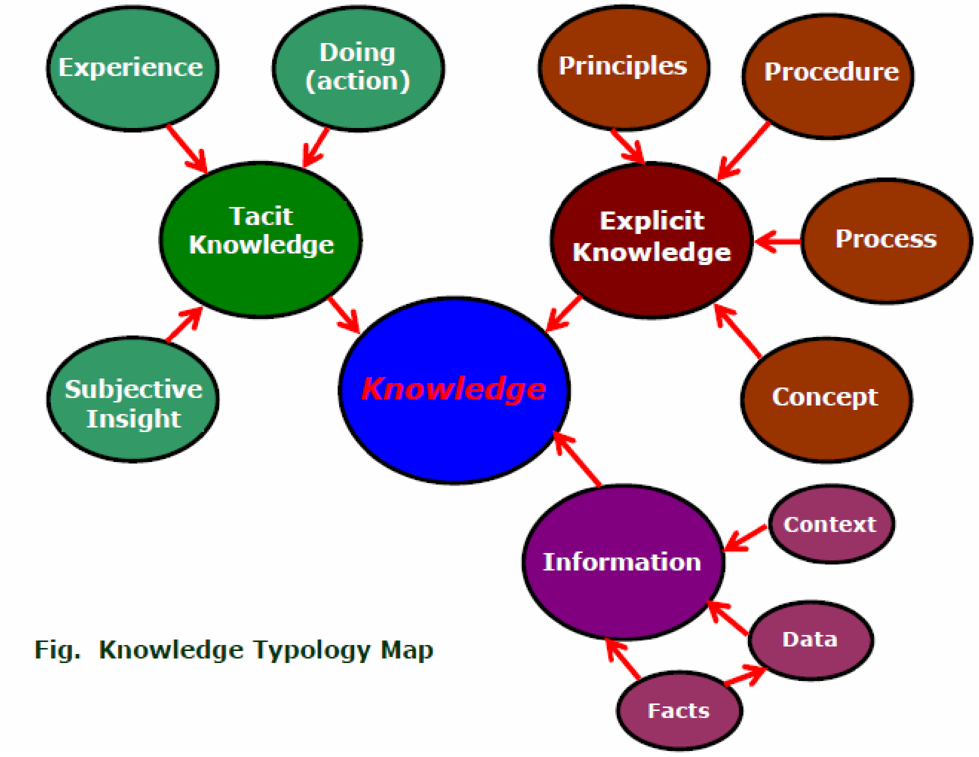


Fig. Knowledge Typology Map

هذه الأدوات تستخدم في عملية إنشاء المعرفة من أجل إنشاء نوعين من المعرفة: المعرفة الصريحة والمعرفة الإجرائية.

أنواع المعرفة Knowledge Types

يصنف علماء النفس الإدراكي المعرفة إلى الصنف الإجرائي Procedural والصنف التصريحي Declarative، وبعض الباحثين يضيف المعرفة الإستراتيجية Strategic كتصنيف ثالث.

بالنسبة **للمعرفة الإجرائية procedural knowledge** هناك بعض التفاوت في التصورات، فالبعض يرى انها قريبة من المعرفة الضمنية، وأنها تظهر نفسها في فعل شيء ما لا يكن من الممكن التعبير عنه بالكلمات، مثلا: نحن نقرأ وجوه الناس ومشاعرهم، وهناك من يرى أن المعرفة الإجرائية قريبة من المعرفة الصريحة، فالفارق هو أننا نصف الفعل أو الطريقة بدلا من وصف الحقائق والأشياء. أما المعرفة **التصريحية declarative knowledge** فهي معرفة صريحة explicit knowledge، وهي المعرفة التي نستطيع أو استطعنا بالفعل أن نصرح بها بوضوح. **والمعرفة الإستراتيجية strategic knowledge** ينظر إليها كجزء من المعرفة التصريحية declarative knowledge، أو كحالة خاصة منها.

المعرفة الإجرائيةProcedural knowledge

- هي معرفة عن كيف نفعل الأشياء، مثلا معرفة وتحديد ما إذا كان بيتر أكبر سنا أو روبيرت، نبدأ أولا بإيجاد أعمارهم.
- التركيز على الأفعال التي يجب أن تنجز للوصول إلى هدف معين أو غاية جزئية.
- أمثلة عنها: الإجراءات procedures والقوانين rules والاستراتيجيات والخطط agendas والنماذج models.

المعرفة التصريحية Declarative knowledge

- معرفة أن شيئا معينا صائبا أو خاطئا، مثلا السيارة تملك أربعة إطارات، أو بيتر أكبر سنا من روبيرت وهكذا.
- تعود إلى تمثيل أو عرض الكائنات والأحداث، والمعرفة عن الحقائق والعلاقات.
- أمثلة عنها: المفاهيم والكائنات والحقائق والمقترحات والتوكيدات وشبكات الدلالة والمنطق ونماذج الوصف.

العلاقة بين أنواع المعرفة Relationship among Knowledge Types

العلاقة بين المعرفة الصريحة والضمنية والصامتة والتصريحية و الإجرائية يوضح في الشكل التالي:

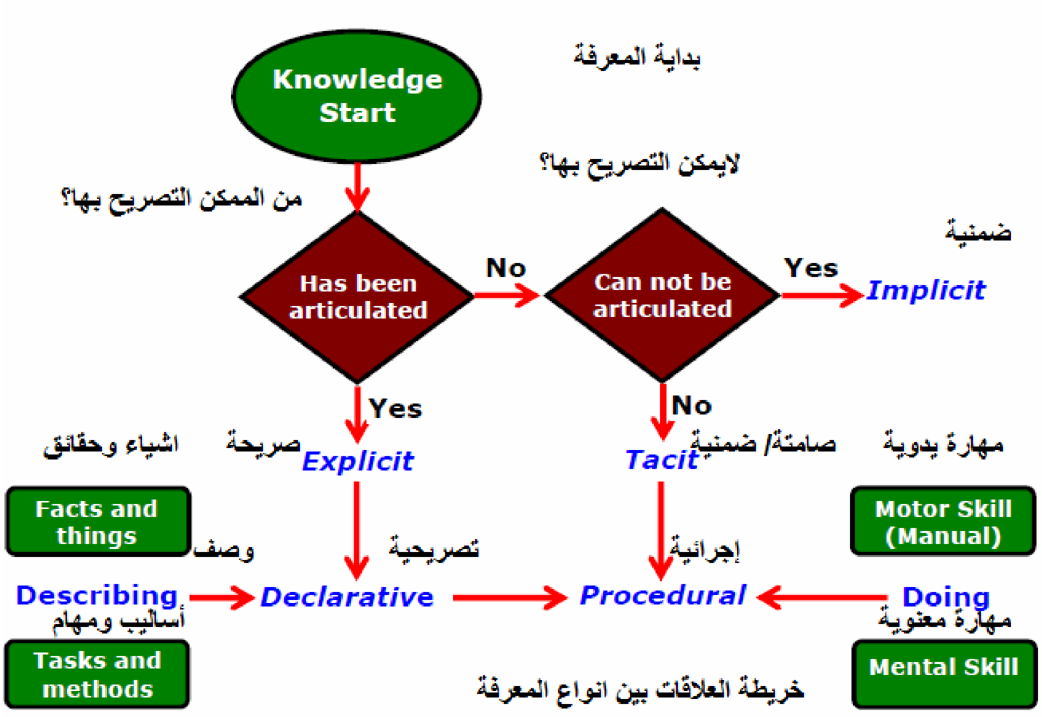


Fig. Relationship among types of knowledge

الشكل أعلاه يوضح :

إن المعرفة التصريحية تربط إلى الوصف "describing"، والمعرفة الإجرائية تربط إلى الفعل "doing." فالأسهم العمودية تربط المعرفة التصريحية بالصريحة والصامتة بالإجرائية، وتدل على قوة العلاقات الموجودة بينها، والأسهم الأفقية تربط المعرفة التصريحية والإجرائية، وتدل على أنه من المألوف، تطوير المعرفة الإجرائية كنتيجة للبدء بالمعرفة التصريحية، أي أنه من المعتاد أن نعرف (عن..) قبل أن نعرف (كيف؟).

لذلك، قد نرى أن كل معرفة إجرائية procedural knowledge كأنها معرفة صامتة tacit knowledge، وأن كل معرفة تصريحية declarative knowledge كأنها معرفة صريحة explicit knowledge.

إطار عمل بوول١٩٩٨ لتمثيل المعرفة Framework of Knowledge Representation (Poole 1998)

يتطلب الحاسوب وصف جيد للمسائل، لكي يعالجها ويقدم حل مقبول معرف جيدا، ولجمع أجزاء المعرفة، نحتاج أولا إلى صياغة وصف في لغتنا المنطوقة، ومن ثم نقوم بتمثيل هذا الوصف إلى اللغة الاصطلاحية، حتى يستطيع الحاسوب فهمها، وحتى يستطيع الحاسوب استخدام الخوارزميات لحوسبة الإجابة، كل هذا موضح فيما يلي.

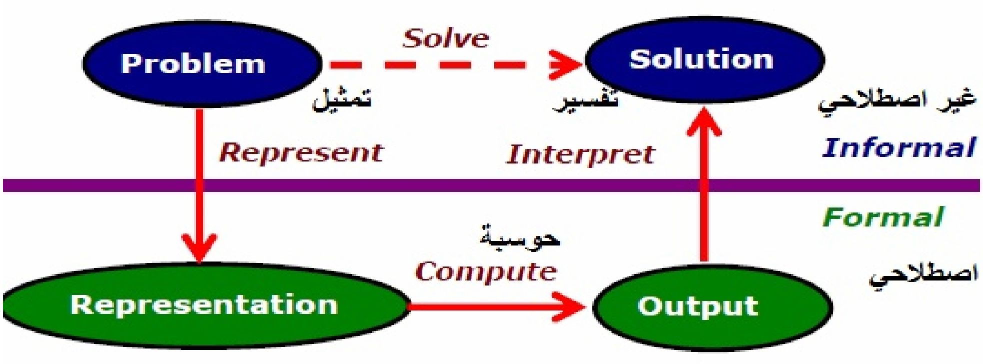


Fig. Knowledge Representation Framework

الشكل السابق يوضح خطوات تمثيل المعرفة حسب إطار العمل الموضح، وهي:

- صياغة المسالة باللغة المنطوقة اصطلاحيا هي الخطوة الأولى.
- بعدها يتم تمثيل المسالة اصطلاحيا إلى الحاسوب ليقوم هو بإعطاء مخرجات output.
- تلك المخرجات يتم تمثيلها بعد ذلك في صورة الحل الموصوف باللغة غير الاصطلاحية، التي يفهمها المستخدم.

لاحظ أن حل المسألة يتطلب:

- o تمثيل غير اصطلاحي للمسألة، أي باللغة الطبيعية.
- o تحويل المعرفة غير الاصطلاحية إلى معرفة اصطلاحية، الذي يحول المعرفة الضمنية إلى معرفة صريحة.

• المعرفة وتمثيل المعرفة Knowledge and Representation

يتطلب حل المسائل كمية كبيرة من المعرفة Knowledge، كما يتطلب بعض الآليات التي تدير تلك المعرفة، فالمعرفة وتمثيلها كيانان مختلفان، يلعبان أدوارا مركزية لكنها متمايزة في النظم الذكية، وينظر إلى المعرفة Knowledge كوصف للعالم، فهي تحدد كفاءة النظام بتحديد ما الذي يعرفه، أما تمثيلها Representation فهي طريقة ترميز encode المعرفة. وتعريف أداء النظام system's performance في فعله شيء ما.

وبكلمات أبسط نحن نحتاج أن معرفة الأشياء التي نريد تمثيلها، ونحتاج بعض المعاني التي نستطيع إدارة الأشياء عن طريقها:

ومن الأشياء التي نحتاج معرفتها لتمثيلها:

‡ الكائنات Objects كحقائق عن الكائنات الموجودة في نطاق المسألة.

‡ الأحداث Events الأنشطة التي تحدث في نطاق المسألة.

‡ الأداء Performance معرفة عن كيف تعمل الاشياء.

‡ ما وراء المعرفة Meta-knowledge هي المعرفة العليا حول ما نعرف.

ومن المعاني التي ندير المعرفة عن طريقها:

‡ يتطلب بعض أساليب الصياغة formalism تحدد ما هو الشكل الرمزي المستخدم للتمثيل.

وهكذا، ينظر إلى تمثيل المعرفة باعتباره مستويين:

(a) مستوى المعرفة knowledge level الذي يتم فيه وصف الحقائق.

(b) مستوى الرمز symbol level الذي يتم فيه تعريف تمثيل الكائنات، باصطلاحات ورموز لكي يتم معالجتها في البرامج.

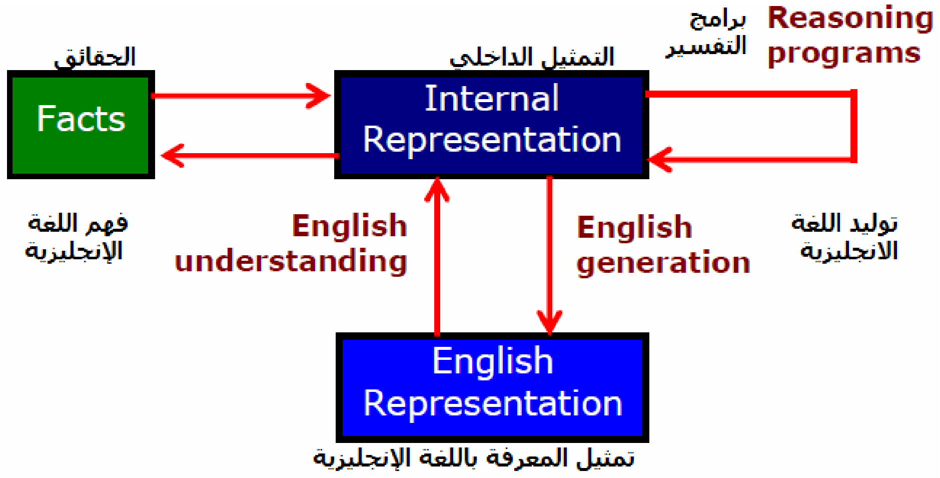
لاحظ معنا أن التمثيل الجيد يتيح لنا وصولا دقيقا وسريعا إلى المعرفة، وفهم جيد للمحتوى.

- **التحويل Mapping بين الحقائق والتمثيل**

المعرفة هي مجموعة من الحقائق "facts" المأخوذة من بعض المجالات، ونحتاج إلى تمثيل representation الحقائق التي نحتاج إلى معالجتها في البرنامج، واللغة الانجليزية العادية Normal English غير كافية، فهي صعبة جدا في الوقت الحالي لبرامج الحاسوب، ولرسم استدلالات في اللغة الطبيعية natural languages، ولذلك فبعض الصيغة الرمزية symbolic representation ضرورية لتمثيل المعرفة بدلا عن اللغة الطبيعية.

ولهذا، فنحن يجب أن نكون قادرين على تحويل الحقائق إلى رموز "facts to symbols" وتحويل الرموز إلى حقائق "symbols to facts"، باستخدام تحويل التمثيل الأمامي forward والخلفي backward.

مثال باستخدام جمل اللغة الانجليزية وفق النموذج التالي:

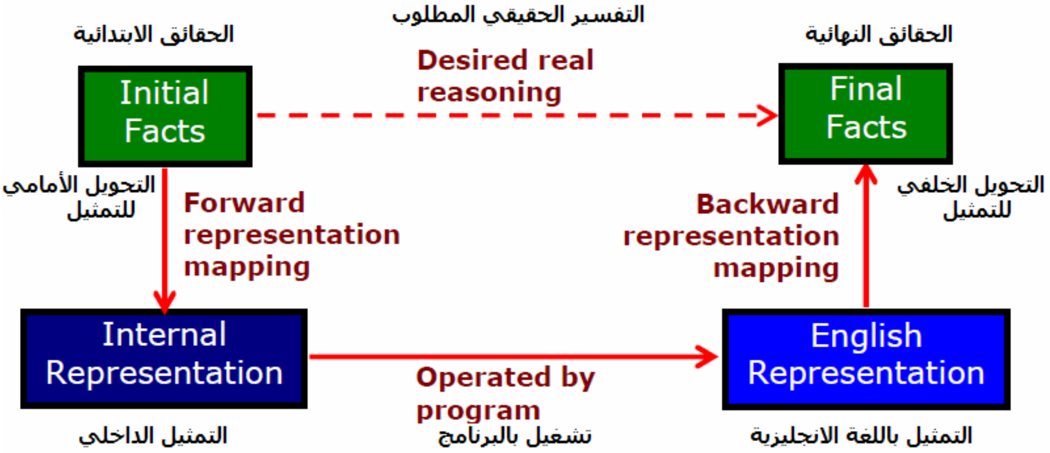


والمثال في الجدول التالي يوضح تطبيق النموذج السابق:

Facts الحقائق	**Representations التمثيلات**
Spot is a dog	A fact represented in English sentence الحقيقة المناظرة ممثلة باللغة الإنجليزية، للتعبير عن كلب إسمه سبوت.
dog (Spot)	Using forward mapping function the above fact is represented in logic باستخدام دالة التحويل الأمامي يتم تمثيل الحقيقة السابقة بالمنطق.
□ x : dog(x) →hastail (x)	A logical representation of the fact that "all dogs have tails" التمثيل المنطقي للحقيقة التي تقول أن كل الكلاب لها ذيول.
Now using deductive mechanism we can generate a new representation of object : الآن نستخدم آليات الاستنتاج التي نستطيع بها توليد تمثيلا جديد للكائن.	
hastail (Spot)	A new object representation تمثيل جديد للكائن.
Spot has a tail	Using backward mapping function to generate English sentence باستخدام دالة التحويل الخلفي لتوليد جملة باللغة الانجليزية.

التمثيل الأمامي Forward والتمثيل الخلفي Backward Representation

النموذج في الشكل التالي، يوضح التمثيل الأمامي والخلفي للمعرفة، بشكل أكثر تفصيلا عن النموذج السابق:



الخط المنقط في الشكل السابق، يدل على عملية التفسير المجردة التي يقوم البرنامج بنمذجتها، والخطوط المتصلة في الشكل تدل على عملية التفسير الفعلية التي يؤديها البرنامج.

مخططات تمثيل المعرفة Knowledge Representation Schemes

هناك أربعة أنواع لتمثيل المعرفة هي: المعرفة العلائقية Relational، والمعرفة المورثة Inheritable، والمعرفة الاستدلالية Inferential، والمعرفة التصريحية والإجرائية Declarative/Procedural، فيما يلي تعريفات مختصرة عنها ثم نقدم توضيحا أكبر بعدها.

المعرفة العلائقية Relational Knowledge

تقدم هذه المعرفة إطار – عمل framework للمقارنة بين كائنين two objects اعتمادا على خصائص متناظرة في كليهما، وأي شكل يتم فيه مقارنة بين كائنين مختلفتين، يعتبر معرفة علائقية.

المعرفة المورثة Inheritable Knowledge

هي معرفة تنتج عن الكائنات المرتبطة associated objects، وهي تصف البنية التي يتم فيها إنشاء الكائنات، التي قد ترث جميع أو بعض خصائص الكائنات الموجودة.

المعرفة الاستدلالية Inferential Knowledge

هي الاستدلال من كائنات خلال العلاقات بين الكائنات، مثلا الكلمة alone هي صياغة بسيطة، لكن من خلال مساعدة كلمات أخرى في جملة، يمكن للقارئ أن يستدل أكثر من الكلمة، هذا الاستدلال اللغوي، يسمى دلالات semantics.

المعرفة التصريحية Declarative Knowledge

هي عبارة تحدد المعرفة فيها، لكن استخدام المعرفة الموجودة فيها غير معطى مع العبارة، مثلا: القوانين، وأسماء الناس، هي حقائق يمكن أن تكون مستقلة، غير معتمدة على معرفة أخرى.

المعرفة الإجرائية Procedural Knowledge

هي التمثيل الذي تكون فيه معلومات التحكم control information المستخدمة للمعرفة، مضمنة في المعرفة نفسها، مثلا:

e.g. computer programs, directions, and recipes; these indicate specific use or implementation;

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

المعرفة العلائقية Relational Knowledge

هذه المعرفة تربط عناصر مجال واحد بمجال آخر، فالمعرفة العلائقية تتكون من كائنات تحتوي على خصائص وقيمها المرتبطة المناظرة لها، ونتائج نوع المعرفة هذا يحول العناصر من خلال مجالات مختلفة، والجدول التالي يعرض طريقة بسيطة لتخزين الحقائق، وفي الجدول حقائق عن مجموعة من الكائنات المرتبة في الأعمدة، وهذا التمثيل يقدم فرصة صغيرة للاستدلال.

Table – Simple Relational Knowledge

Player **اسم اللاعب**	**Height** **الطول بالقدم**	**Weight** **الوزن**	**Bats – Throws** **الموقع**
Aaron	6–0	180	Right – Right
Mays	5–10	170	Right – Right
Ruth	6–2	215	Left – Left
Williams	6–3	205	Left – Right

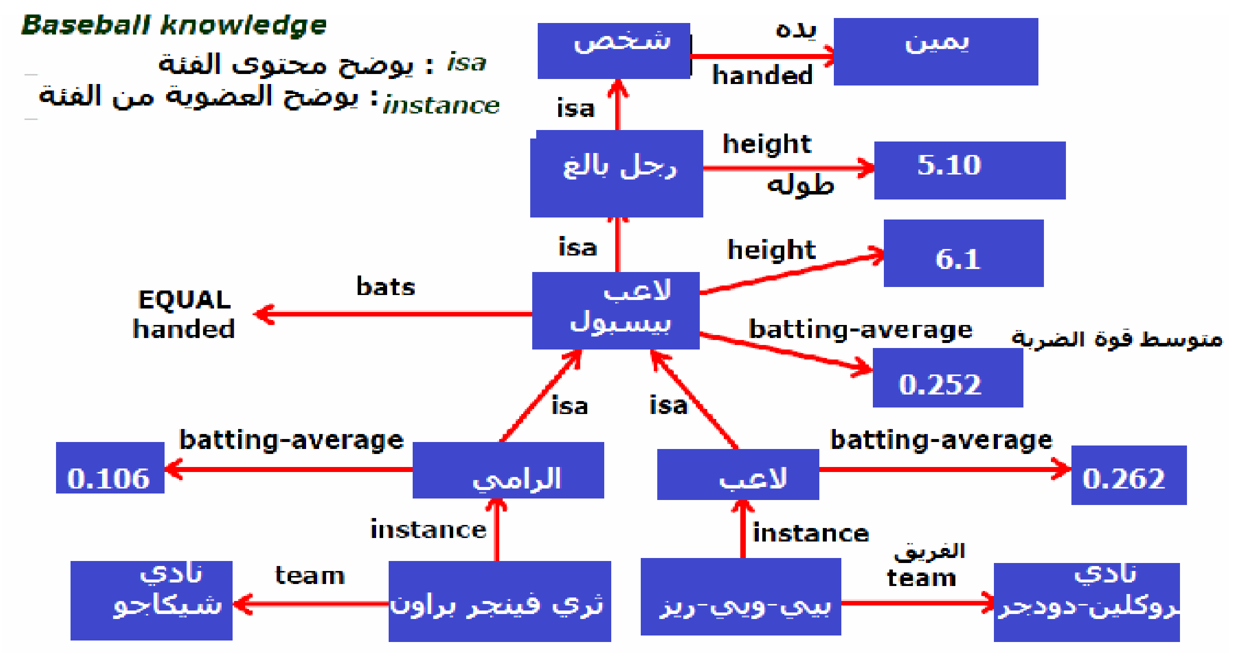
في الجدول أعلاه لدينا حقائق، يكون من الممكن إعطاء إجابة بسيطة عنها، مثل السؤال: من هو اللاعب الأثقل؟، وذلك باستخدام إجراء لإيجاد اللاعب الأثقل، يقوم الإجراء بتسهيل حوسبة الإجابة وإعطائها، وهناك أسئلة أخرى بالطبع يمكن أن تقدم.

المعرفة المورثة Inheritable Knowledge

هنا تكون المعرفة عناصر ترث الخصائص من كائن أب parents، وتجسد المعرفة بتصميم البنى الهرمية hierarchies، المستخدمة في المجالات الوظيفية والفيزيائية والعملية، ومن خلال البنية الهرمية ترث العناصر الخصائص من الآباء، لكن في حالات كثيرة، لا تكون كل خصائص العنصر الأب موجودة في العناصر الأبناء.

والميراث يكون شكلا مفيدا للاستدلال، لكنها غير مناسبة، فمازلنا نحتاج أن يتزايد تمثيل المعرفة KR في آليات الاستدلال، وتمثيل المعرفة في البنية الهرمية، الموضح أدناه، يسمى بشبكات الدلالة "semantic network"، أو مجموعة من القوائم "frames" أو بنية ملأ الحيز "slot–and–filler structure"، وتعرض الشكل الخاصية المورثة وطريقة إدخال معرفة إضافية له.

توريث الخصائص Property inheritance: أي أن يرث الكائن أو العنصر من نوع فئة معين، الصفات والقيم من الفئات الأكثر عمومية، حيث ترتب الفئات classes بشكل مرتب هرميا حسب التعميم.



شكل يوضح استخدام شبكات الدلالة لتمثيل المعرفة المورثة

لاحظ في المثال الموضح بالشكل السابق، الأسهم الموجهة تمثل الصفات (isa, instance, team)، التي تنشأ من الكائن الذي يتم وصفه وتنتهي عند القيمة أو الكائن نفسه. أما النقاط nodes أو المربعات box فتمثل الكائنات objects والقيم values الخاصة بالصفات.

ومن المثال السابق، هناك طريقة أخرى لتمثيل المعرفة إسمها طريقة القوائم frame أو الإطارات، فيما يلي تمثيل نقطة معينة كقائمة بأسلوب القوائم:

عرض نقطة كمثال من مثال لاعب البيسبول	Viewing a node as a frame:Baseball–player Example
هو يكون: رجل بالغ	isa : Adult–Male
ضرباته للكرة: متساوية من كلا اليدين.	Bates : EQUAL handed
طوله: ٦.١	Height : 6.1
متوسط الضربات: ٠.٢٥٢	Batting–average : 0.252

وكتمرين: قم بعمل قوائم “frames” لبقية الكائنات والصفات من شبكة الدلالة “semantic network” أعلاه.

خوارزمية توريث الخصائص Algorithm : Property Inheritance

لكي نقوم باسترجاع القيمة V الخاصة بالصفة A التابعة لنسخة الكائن O، نتبع الخطوات التالية:

١. جد الكائن O في قاعدة المعرفة knowledge base.

٢. إذا كان هناك قيمة للخاصية A، قم برفع تلك القيمة.

٣. وإن لم يكن هناك قيمة، وإذا كان لا يوجد قيمة لخاصية أخرى، فإننا فشلنا في الاسترجاع.

٤. وإن كان هناك قيمة أخرى، قم بالتوجه إلى النقطة المناظرة لتلك القيمة، وابحث عن قيمة للخاصية A، إن وجدت قيمة قوم برفعها.

٥. وإلا، استمر بالبحث حتى تجد قيمة للخاصية ”isa“، أو حتى لا تجد أي إجابة:

   a. احصل على قيمة الخاصية “isa” وتحرك إلى النقطة بعده.

b. انظر ما إذا كانت هناك قيمة للخاصية A، إن كانت هناك واحدة، حددها.

1. Find object O in the knowledge base.
2. If there is a value for the attribute A then report that value.
3. Else, if there is a value for the attribute instance; If not, then fail.
4. Else, move to the node corresponding to that value and look for a value for the attribute A; If one is found, report it.
5. Else, do until there is no value for the "isa" attribute or until an answer is found :
    (a) Get the value of the "isa" attribute and move to that node.
    (b) See if there is a value for the attribute A; If yes, report it.

تعد الخوارزمية السابقة خوارزمية مبسطة، فهي تصف الآليات الأساسية للتوريث، ولكنها لا تخبرنا ما نفعل لو كان هناك أكثر من قيمة لنسخة instance الكائن الواحد أو الخاصية "isa".

ويمكن تطبيق هذا على المثال السابق لقاعدة المعرفة الموضحة فيه، لمعرفة إجابات الاستفسارات التالية:

team (Pee–Wee–Reese) = Brooklyn–Dodger

فريق اللاعب بيوييريز هو بروكلين دودجر.

batting–average(Three–Finger–Brown) = 0.106

معدل ضربات اللاعب ثري فينجر براون هو ٠.١٠٦

height (Pee–Wee–Reese) = 6.1

طول اللاعب بيويريز هو ستة أقدام وواحد من عشرة.

bats (Three Finger Brown) = right

اليد التي يضرب بها اللاعب ثريفينجربراون عادة هي اليد اليمنى.

وللمزيد من التفاصيل يمكن العودة إلى كتاب الذكاء الاصطناعي في المراجع آخر الفصل، من تاليف: Elaine Rich & Kevin Knight، الصفحة رقم ١١٢.

المعرفة الاستدلالية Inferential Knowledge

هذه المعرفة تنتج معلومات جديدة من المعلومات المعطاة، ولا تتطلب المعلومات الجديدة جمع بيانات إضافية من المصدر، لكنها تتطلب تحليل المعلومات المعطاة لتوليد معرفة جديدة.

مثال:

- لدينا مجموعة من العلاقات والقيم، واحدة منها قد نستدل بها على قمية أو علاقات أخرى.
- المنطق المسند (الاستنتاج الرياضي a mathematical deduction) يستخدم للاستدلال من مجموعة من الصفات.
- يستخدم الاستدلال، خلال المنطق المسند، مجموعة من العمليات المنطقية، للربط بين البيانات المنفردة.
- الرموز المستخدمة في عمليات المنطق هي:

التضمين (implication) "→"، النفي (not) " ¬ " ، أو (or) " V " ، و (and) " ∧ " ، لكل (for all) " □ "، لبعض " □ " (there exists).

مثال على عبارات المنطق المسند Examples of predicate logic statements

١. "Wonder" هو إسم لكلب: dog (wonder).

٢. كل الكلاب تعود إلى الفئة class الخاصة بالحيوانات animals: □ x : dog (x) → animal(x) .

٣. كل الحيوانات تعيش إما على الأرض او تعيش في الماء:

□ x : animal(x) → live (x,land) V live (x, water).

والآن من الجمل الثلاث السابقة، نستطيع أن نستدل infer أن:

الكلب "Wonder" يعيش إما على الأرض أو في الماء، أو ".Wonder lives either on land or on water".

ملاحظة: وإذا أتيحت معلومات كثيرة عن تلك الكائنات وعلاقاتها، فإننا نستطيع الاستدلال عن معرفة أكثر.

المعرفة الإجرائية والتصريحية Declarative and Procedural Knowledge

الاختلافات بين المعرفة التصريحية والإجرائية غير واضح بشكل كبير.

المعرفة التصريحية Declarative knowledge

هنا، تعتمد المعرفة على الحقائق التصريحية عن البديهيات axioms والمجالات domains المختلفة: ونفترض أن البديهية تكون صائبة، إن لم يظهر مثال مضاد لإضعافها، أما المجالات فتمثل لنا العالم المادي والوظائف المدركة فيه، وكلا من البديهية والمجال تظهر ببساطة ونتعامل معها كعبارات تصريحية، يمكن أن ينظر لها بشكل مستقل وحدها.

المعرفة التصريحية Procedural knowledge

هنا، تكون المعرفة عملية تحويل بين المجالات التي تحدد "**ماذا نفعل عندما..**"، وبين التمثيل لـ "**كيف نفعل ذلك...**"، بدلا من "**ما هو ذلك**"، فالمعرفة التصريحية قد تحوز على كفاءة استدلال، ولكنها بدون ملائمة للاستدلال ولا كفاءة اكتساب للمعرفة.

ويتم تمثيل المعرفة التصريحية مثل برنامج صغير، يعرف كيف ينفذ أشياء محددة، وكيف يعالجها.

مثال: برنامج الإعراب parser في اللغة الطبيعية يملك معرفة أن الجملة قد تحتوي على أدوات تعريف، وصفات وأسماء، ولذلك فهو يقوم تلقائيا باستدعاء برامج فرعية (روتينات) تعرف كيف تعالج أدوات التعريف articles والصفات adjectives والأسماء nouns.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

٨) تمثيل المعرفة باستخدام المنطق المسند KR Using Predicate Logic

في القسم السابق تعرضنا إلى المعرفة وتمثيلها، وفيما يلي سوف نوضح:

كيف نستطيع تمثيل المعرفة كتراكيب أو بُنى من الرموز "symbol structures"، تلك التي تميز دقائق المعرفة حول الكائنات والمفاهيم والحقائق والقوانين والاستراتيجيات، مثلا:

نمثل اللون الأحمر بـ"red" ونمثل السيارة مثلا بـ "car1" ونمثل حقيقة أن السيارة حمراء بـ "red(car1)".

فرضيات حول تمثيل المعرفة Assumptions about KR:

- يمكن إنجاز السلوك الذكي Intelligent Behavior بواسطة معالجة تراكيب الرموز.
- تصمم لغات تمثيل المعرفة KR languages من أجل تسهيل العمليات عبر تراكيب الرموز، تملك قواعد تركيب دقيقة syntax لها دلالات semantics محددة.

فقواعد التركيب syntax تخبرنا أي التعبيرات صحيحة أو خاطئة، مثلا التعبير التالي يجب أن تكون تابعة لقواعد صياغة معينة:

red1(car1), red1 car1, car1(red1), red1(car1 & car2) ?

ودلالات التركيب semantics تخبرنا ما الذي يعنيه تعبير معين، مثلا الخاصية "dark red" تطبق على السيارة car.

- والقيام بالاستدلال Inferences ينتج لنا استنتاجات جديدة من الحقائق الموجودة.

ومن أجل قبول هذه الفرضيات حول تمثيل المعرفة KR، نحتاج إلى رموز اصطلاحية تسمح بأتمتة الاستدلال وحل المسألة، وأحد الخيارات الشائعة هو استخدام المنطق logic.

المنطق Logic

يهتم المنطق بالحقيقة الموجودة أو الغائبة في العبارات والتعبيرات عن العالم من حولنا، وعموما اي عبارة تكون إما صائبة TRUE أو خاطئة FALSE.

يتكون المنطق من: قواعد التركيب Syntax والدلالات Semantics وإجراءات الاستدلال Inference Procedure.

التركيب اللغوي أو قواعد التركيب Syntax

هي قواعد تحدد الرموز symbols في اللغة حول كيفية تركيبها لتشكيل الجمل، فالحقائق حول العالم يتم تمثيلها كجمل منطقية.

الدلالات Semantic

هي قواعد تحدد كيفية ربط قيم الصواب بالجمل اعتماد على معناها في العالم من حولنا، وتحدد ما هي الحقائق التي تقصدها الجملة، والحقائق facts المقصودة هنا هي إدعاءات عن العالم، وقد تكون صائبة أو خاطئة.

إجراءات الاستدلال Inference Procedure

هي إجراءات تحدد الأساليب والطرق لحوسبة الجمل الجديدة new sentences من الجمل الموجودة existing sentences.

ملاحظة

الحقائق facts: هي إدعاءات عن العالم، وقد تكون صائبة أو خاطئة،

العرض/التمثيل Representation: هي تعبير أو جملة تعود إلى كائنات objects وعلاقات relations.

الجمل Sentences: هي ما نستطيع ترميزه إلى برنامج حاسوبي.

المنطق كلغة لتمثيل المعرفة Logic as a KR Language

المنطق هو لغة للتفسير، ومجموعة من القوانين المستخدمة أثناء عملية التفسير المنطقي، المنطق يدرس كلغة تمثيل المعرفة في الذكاء الاصطناعي.

المنطق Logic هو نظام اصطلاحي تملك فيه الجمل والصياغات قيما صائبة أو خاطئة، وتكمن صعوبة أمر تصميم لغة تمثيل المعرفة designing KR language في:

١- قدرتها على التعبير الكافي لتمثيل الكائنات والعلاقات المهمة في نطاق المسألة.

٢- فاعليتها الكافية في التفسير وإجابة الأسئلة حول المعلومات الكامنة بكمية مقبولة من الزمن.

ويكون المنطق في أنواع مختلفة، كالمنطق الخبري Propositional logic، والمنطق المسند Predicate logic، والمنطق المؤقت Temporal logic، والمنطق المشروط Modal logic، والمنطق الوصفي Description logic، وهذه الأنواع المختلفة تمثل الأشياء وقد تسمح باستدلال كثير أو أقل، كما أن المنطق الخبري والمنطق المسند هما أصل كل أنواع المنطق الأخرى.

والمنطق الخبري هو دراسة العبارات والترابط فيما بينها، أما المنطق المسند فهو دراسة المفردات وخصائصها.

المنطق الخبري Logic Representation

يمكن استخدام المنطق لتمثيل الحقائق البسيطة، وكما أسلفنا فالحقائق facts إما أن تكون صائبة True أو خاطئة False، ولكي نقوم بإنشاء تمثيل للمعرفة معتمد على المنطق:

- يقوم المستخدم بتعريف مجموعة من الرموز الأصيلة والدلالات أو المعاني المرتبطة.
- يقوم المنطق بتعريف أساليب وضع الرموز مع بعضها، لكي يقوم المستخدم بتعريف جمل سليمة في اللغة، وتمثل حقائق صائبة منطقيا.
- يقوم المنطق بتعريف أساليب استدلال أو استنباط جمل جديدة من تلك الموجودة.
- في المنطق الخبري يكون الإخبار propositions بأن تكون الجملة Sentences إما صائبة أو خاطئة.
- الجملة التصريحية declarative sentence تدل على عبارة مع إخبار في محتواها، مثلا التصريح أن "الثلج أبيض" يخبرنا أن الثلج يكون أبيض اللون، وأيضا تكون الجملة "الثلج ابيض" جملة صائبة.

فيما يلي سوف نوضح باختصار المنطق الخبري وبعده نخوض في المنطق المسند بتفصيل أكثر.

المنطق الخبري(PL) Propositional Logic

الإخبار هو عبارة قد تكون جملة تصريحية في اللغة الطبيعية ، الانجليزية مثلا، وكل إخبار كما أسلفنا يكون صائبا أو خاطئا.

مثال:فيما يلي بعض الجمل التصريحية بالإنجليزية

(a) The sky is blue., (b) Snow is cold. , (c) $12 * 12=144$

وكما أن الجملة الخبرية تكون صائبة او خاطئة، فهي تعتبر اصغر وحدة في المنطق الخبري، وتكون لها قيمة صواب truth value، فإذا كانت صائبة كانت قيمة الصواب لها "true" وإذا كانت خاطئة كانت قيمة صوابها: "false" .

مثال: الجدول التالي يوضح مجموعة من الجمل ويظهر لنا ما إذا كانت خبرية أم لا، وإن كانت خبرية يوضح لنا قيمة الصواب.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

Sentence الجملة	**Truth value قيمة الصواب**	**Proposition (Y/N) خبرية أم لا؟**
"Grass is green"	"true"	Yes
"2 + 5 = 5"	"false"	Yes
"Close the door"	–	No
"Is it hot outside ?"	–	No
"x > 2" where x is variable	–	No or Yes (حسب قيمة x)

ويسمى المنطق الخبري أيضا بالمنطق الحسابي، أو الجبر البولي، نسبة إلى العالم بول الذي وضع أسسه، كما أن المنطق الخبري يعلمنا أساليب ربط وتعديل جمل أو العبارات الإخبارية كاملة، لتشكيل جمل وعبارات أكثر تعقيدا، إضافة إلى العلاقات المنطقية والخصائص المشتقة من أساليب جميع وتبديل الجمل.

العبارة، والمتغيرات، والرموز Statement, Variables and Symbols

فيما يلي نتطرق إلى تلك المصطلحات وأكثر قليلا منها، مثل الربط وقيمة الصواب والمصادفات والحشو والتناقضات والأسبقية واللحاقية وغيرها.

العبارة Statement

العبارات البسيطة (الجُمل sentences)، صائبة كانت أو خاطئة، التي لا تحتوي أي عبارة أخرى كجزء، كإخبار في الأساس، وتستخدم الحروف الانجليزية الصغيرة lower-case، مثلا p أو q، هي رموز للعبارات البسيطة.

والعبارات البسيطة والمركبة يتم جمعها من الجمل الإخبارية بواسطة تجميعها بمؤثرات الربط.

الروابط والمؤثرات Connective or Operator

تتم عملية ربط العبارات البسيطة باستخدام المؤثرات، الجدول التالي يدل على مؤثرات الارتباط الأساسية basic connectives ورموزها المختلفة، وهي مرتبة بشكل تناقصي حسب أولوية العملية المنطقية، بحيث تكون العملية ذات الأولوية الأعلى معروضة أولا، ولنقم بدراسة المثال التالي وفهمه حسب جدول المؤثرات أدناه.

((((a Λ ¬b) V c –> d) <––> ¬ (a V c))

المؤثر (أداة الربط) connective	**Symbols الرموز**					**ويقرأ على أنه Read as**
assertion التأكيد	P					"p is true"
negation النفي	¬p	~	!		Not	"p is false"
Conjunction	p Λ q	·	&&	&	And	"Both p and q are true"
Disjunction	p V q	||	|		Or	"either p is true, or q is true, or both"
Implication	p→ q	⊃	=>		If..then	"If p is true, then q is true", "p implies q"
Equivalence	<––>	≡	⇔		If and only if	"p and q are either both true or both false"

لاحظ أن الجمل الخبرية ومؤثرات الربط بينها هي العناصر الأساسية في المنطق الخبري.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

قيم الصواب Truth Value

قيم الصواب truth value للعبارات هي تحديد صوابها TRUTH أو خطأها FALSITY، مثلا:

p هي إما صائبة TRUE أو خاطئة FALSE، وكذلك نفيها p~ إما صائبة أو خاطئة، وكذلك العبارة p v q قد تكون صائبة أو خاطئة وهكذا، وللتعبير عن قيمة الصواب TRUE نستخدم عادة الرمز "1" أو الرمز "T"، وكذلك قيمة الصواب FALSE نمثلها إما بالرمز "0" أو باستخدام الرمز "F".

فيما يلي جدول الصواب Truth table الذي يوضح قيم الصواب المحتملة للعبارات بالمؤثرات المختلفة:

p	q	¬p	¬q	p Λ q	p v q	p → q	p<—>q	q → p
T	T	F	F	T	T	T	T	T
T	F	F	T	T	F	F	T	F
F	T	T	F	F	T	T	F	F
F	F	T	T	F	F	T	T	T

الحشو أو التكرار Tautologies

هي الجمل الخبرية التي تأتي دائما صائبة، مثلا: الجملة (P v ¬P) هي جملة صائبة دائما مهما كانت قيم الصواب المتعلقة بالجملة الخبرية p.

التناقض Contradictions

هي الجملة الخبرية التي تكون دائما خاطئة، مثلا: الجملة (P Λ ¬P) هي دائما خاطئة مهما كانت قيم الصواب للجملة الخبرية p.

المصادفات Contingencies

نسمى الجملة الخبرية مصادفة أو جملة محتملة، إذا كانت الجملة ليست حشوا Contradictions ولا هي تناقض Tautologies.

مثلا أي جملة من الشكل (p v q) تعتبر مصادفة contingency.

السابقة Antecedent واللاحقة Consequent:

فيما يلي جزءان من العبارات الشرطية، مثلا العبارة p → q، تتكون من عبارتين الأولى هي جملة الشرط "if – clause" هنا p، وتسمى بالعبارة السابقة Antecedent أما العبارة الثانية فهي جملة جواب الشرط "then – clause" هنا هي q، وتسمى بالعبارة اللاحقة Consequent.

الإثبات أو الحجة Argument

الإثبات هو توضيح أو إثبات لبعض العبارات، مثلا: "الطائر غراب، لذلك هو أسود اللون"، وأي حجة أو إثبات يمكن أن يعبر عنها كعبارة مركبة، في المنطق الحجة هي مجموعة من واحدة أو أكثر من الجمل التصريحية أو الإخبارية ذات هدف، تعرف كمقدمات منطقية premises، مع مجموعة من الجمل التصريحية ذات الهدف والتي تعرف بالاستنتاجات conclusion.

المقدمة المنطقية Premise

هي جملة خبرية تعطي أسبابا أو خلفيات أو أدلة حول قبول بعض التعبيرات أو الجمل الخبرية التي تسمى بالاستنتاجات conclusion.

الاستنتاجات Conclusion

هي جملة خبرية يفترض أن تكون مبنية على أساس جمل خبرية أخرى قبلها، فنأخذ كل المقدمات المنطقية، ونقوم بربطها ونصنع عندئذ ارتباطا، يمثل لنا مقدمة منطقية للشرطة، ويصنع أيضا اللاحقة أي الاستنتاج، هذه الجملة الناتجة تسمى بالجملة الشرطية المطابقة للحجة argument.

ملاحظة: كل الإثباتات أو الحجج تطابق جملا شرطية، وكل عبارة ناتجة يناظرها إثباتا ما، لأن الشرط المناظر للإثبات هو عبارة، فهي لذلك إما حشو أو تناقض أو أنها مصادفة contingency أي جملة تحتمل الصواب والخطأ.

الحجة تكون صحيحة إذا وفقط إذا كانت شرطا مناظرا لجملة الحشو tautology، وتكون الجملتين ثابتين إذا وإذا فقط كان ارتباطهما لا يشكل تناقضا، نقول عن جملتين أنهما متكافئتين منطقيا logically equivalent، إذا وفقط إذا كانت أعمدة جدول الصواب لهما متطابقتين، أو إذا وإذا فقط كانت العبارة الناتجة عن ارتباطهما باستخدام مؤثر التكافؤ ⇔ من نوع جملة الحشو tautology.

لاحظ أن جدول الصواب مناسب لإختبار صواب الجملة أو كونها حشوا أو تناقضا أو مصادفة أو ثابتة أو التكافؤ.

المنطق المسند Predicate Logic

إن المنطق الخبري ليس قويا بشكل كاف لكل أنواع التأكيدات assertions أو الافتراضات، مثلا التأكيد أن "$x > 1$"، حيث x هي متغير، لا يعتبر إخبارا بشيء ما، لأنه لا يوجد صواب ولا خطأ هنا إن لم يتم تحديد قيمة المتغير x.

ولكي تمثل لنا ($x > 1$) إخبارا، إما أن نضع قيمة رقمية للمتغير x، أو أن نغير الجملة إلى الشكل:

"There is a number x for which $x > 1$ holds"

هناك رقما x الذي تتحقق فيه $x > 1$، أو نغير الجملة إلى الصيغة: "For every number x, $x > 1$ holds" وهي جملة أخرى مشابهة تقريبا للسابقة.

ولنأخذ بالاعتبار الجملة الشهيرة التالية:

“ All men are mortal. Socrates is a man. Then Socrates is mortal” ,

والتي تعني "كل الرجال فانون. سقراط رجل. إذا يكون سقراط فانٍ"

هذه الجملة يصعب التعبير عنها بالمنطق الخبري، كاصطلاح لحجة او إثبات منطقي صحيح محدد، فنحن نحتاج إلى لغات تسمح بوصف الخصائص، أو ما نسميه بالمسندات predicates، التي تتبع كائنا ما، أو تلك اللغة التي تسمح بوصف علاقة بين الكائنات، ممثلة باستخدام المتغيرات.

والمنطق ألإسنادي أو المسند Predicate logic يناسب متطلبات اللغة التي تحدثنا عنها، كما أنه قوي بشكل كاف للتعبير والتفسير، وهذا النوع من المنطق مبني على أفكار المنطق الخبري كميزة مهمة له.

الإسناد أو المسند Predicate

كل جملة تامة تتكون من مقطعين: الموضوع subject والمسند، الموضوع هو ماذا أو من تتحدث عنه الجملة، والمسند يخبرنا شيئا ما عن ذلك الموضوع.

مثلا:

في الجملة "Judy {runs}"، الموضوع Judy والمسند هو runs.

المسند Predicate، دائما يشمل الفعل، يخبرنا الفعل شيئا ما حول الموضوع، والمسند يكون قالب لجملة فعلية تصف خاصية لكائن، أو علاقة بين كائنات objects يتم تمثيلها بواسطة متغيرات variables.

أمثلة:

“The car Tom is driving is blue" ; "The sky is blue" ; "The cover of this book is blue"

لدنيا في الأمثلة أعلاه، المسند "is blue“ يصف خاصية، والمسند يمكن أن يعطى أسماء، مثلا ليكن B اسما للمسند "is_blue"، ويتم تمثيل الجملة بالشكل "B(x)"، ونقرأ ذلك "x is blue"، فالرمز ”x“ يمثل أي كائن غير محدد.

تعبيرات المنطق الإسنادي Predicate Logic Expressions

مؤثرات الجمل الخبرية يقوم بالربط بين المسندات مثلا الصيغة التالية هي خليط من المنطق الإخباري والمنطق الإسنادي:

If (p(….) && (!q(….) || r (….)))

المؤثرات المنطقية Logic operators

أمثلة لجملة الربط disjunction (OR) وجملة الربط conjunction (AND)، لاحظ استخدام الرمز المنطقي || لمؤثر جملة (OR) والرمز المنطقي && لمؤثر جملة (AND)، ولنرى المثال التالي:

x < y || (y < z && z < x)

فإذا كان جدول الصواب للجملة بالصورة ; (true || (true && true، فإن جدول الصواب للجملة كلها يكون True، ولكن هذا غير مؤكد دائما فلو وضعنا القيم 3 ، 2، 1 للمتغيرات x،y ،z على الترتيب، لكانت الصيغة بالشكل:

3 < 2 || (2 < 1 && 1 < 3)

وقيمة الصواب للصيغة السابقة هو FALSE، ويمكن الحصول أيضا على قيمة الصواب TRUE بقيم أخرى.

المقاييس الكمية للمنطق المسند Predicate Logic Quantifiers

كما لاحظنا سابقا فإن $x > 1$ ليست جملة خبرية لعدم تحديد قيمة صوابها، ولنتساءل ماذا تحتاج لتكون خبرية، عموما فالجملة المسندة مع متغيراتها، كوحدة صغرى لصيغ التمثيل، يمكن أن تكون خبرية بتطبيق واحدة من العمليات التالية لكل متغيراتها:

١. وضع قيمة للمتغير، مثلا $x > 1$، إذا كانت القيمة 3 فستصبح العبارة صائبة منطقيا.
٢. تحديد المتغير باستخدام مقياس كمي quantifier على صيغ المنطق المسند، وتسمى بالصيغة المعدة جيدا wff well-formed formula، سواء كانت الجملة $x > 1$ أو من الشكل P(x)، وذلك باستخدام المقياس الكمي على المتغيرات، وفيما يلي توضيح طريقة تطبيق المقياس الكمي:

- المتغير Variable x :

التعبير $x > 5$ ليس جملة خبرية، فقيمة صوابها تعتمد على المتغير x، ولكي نفسر العبارة نحتاج إلى التصريح بقيمة x.

- التصريح Declaration من الشكل x : a

التعبير x : a يصرح عن متغير x، ويقرأ هذا التصريح "x عنصر من المجموعة a".

- العبارة p كعبارة حول المتغير x:

التعبير Q x : a • p يوضح لنا مقياس كمي للعبارة p التي تحدد x كعنصر من المجموعة a، ضمن المقياس Q.

هذه المقاييس الكمية Quantifiers نوعين: المقياس الكمي الكلي universal، الذي يرمز له بـ □ ،والمقياس الكمي الجزئي existential أي مقياس الوجود، ويستخدم لذلك الرمز □ .

الموضوع الكلي Universe of Discourse

الموضوع الكلي هو مسمى آخر للمقياس الكمي الكلي، والذي يقصد به:

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

- مجموعة من الكائنات set of entities التي تتعامل مع المقاييس الكمية، والكيانات entities يمكن أن تكون مجموعة الأعداد الحقيقية، أو الصحيحة، أو مجموعة جميع السيارات في موقف ما، أو حتى كل الطلاب في فصل معين..الخ.
- والكلي universe هو إذا نطاق أو ميدان المتغيرات المفردة.
- الإخبار propositions في المنطق المسند هو عبارة حول كائن من النطاق الكلي.

والنطاق الكلي في الواقع يترك ضمنيا عادة، لكن يلزم أن يكون واضحا من السياق، مثلا بالنسبة للأعداد الطبيعية natural numbers نقول:

forAll x, y (x < y or x = y or x > y)

فلا نحتاج لأن نكون دقيقين ونقول:forAll x, y in N ، لأن N معروفة ضمنا من السياق، وهي الموضوع الكلي Universe of Discourse، ومن المهم تحديد القيم المسموح بها إذا كانت الخاصية تحمل قيما طبيعية وليس من الأعداد الحقيقية كلها، بالنسبة لكل متغير x و y.

➔ تطبيق المقياس الكلي □ " Universal Quantifier " For All

المقياس الكلي يسمح لنا بصياغة عبارات حول مجاميع من الكائنات.

مثلا المقياس الكلي □ x : a • p

والذي يقرأ " for all x in a , p holds " أي لكل قيم x من المجموعة a تحقق الجملة p، وتتضح أيضا أن المجموعة a هي الموضوع الكلي، والمتغير x هو عضو في الموضوع الكلي، وأن p هي العبارة التي تستخدم المتغير x، وكصيغة خبرية نكتبها هكذا: □ x p(x) ، وتقرأ لكل قيم x يكون p(x)، أو لأي قيمة من قيم x يكون p(x)، حيث p(x) جملة مسندة، والمقياس □ x يدل على جميع الكائنات في الموضوع الكلي، وأن p(x) تكون صائبة لكل تلك الكائنات أو العناصر.

مثال حول تحويل اللغة الانجليزية إلى الشكل الإخباري، ولنأخذ الجملة "All cars have wheels" :

ولنمثلها بالشكل □ x : car • x has wheel .

ونكتب □ x P(x)، حيث P(x) هي جملة مسندة تقول لنا أن 'x has wheels'، و x متغير لكائن من 'cars'التي تعتبر الموضوع الكلي هنا.

➔ تطبيق المقياس الجزئي □ " Existential Quantifier " There Exists

يسمح لنا المقياس الجزئي أو مقياس الوجود □ ، بأن نجزم بوجود كائن دون أن نحدد أسما له.

مثلا مقياس الوجود في الصيغة □ x : a • p

ويقرأ هذا المثال " there exists an x such that p holds "، أي يوجد قيمة للمتغير x من قيم المجموعة a تحقق الجملة p، وتكون المجموعة a هي الموضوع الكلي universe of discourse للمسألة، والمتغير x عضو في نطاق ذلك الموضوع، و وأن p هي العبارة التي تستخدم المتغير x، وكصيغة خبرية نكتبها □ x P(x) ، والتي تقرأ توجد قيمة لـ x بحيث P(x)، أو على الأقل هناك قيمة واحدة لـ x بحيث يكون P(x)، حيث أن P(x) جملة مسندة، تعني x فيها على الأقل يوجد كائن x في الموضوع الكلي، و P(x) يكون صائبا لقيمة واحدة على الأقل للكائن x في النطاق الكلي.

مثال حول تحويل اللغة الانجليزية إلى الشكل الإخباري، ولنأخذ الجملة " Someone loves you " :

ولنمثلها بالشكل □ x : Someone • x loves you .

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

ونكتب x P(x)، حيث P(x) جملة مسندة تقول أن: ’ x loves you ‘، وأن x متغير لكائن من ’ someone ‘ التي حددت كموضوع أو نطاق كلي هنا.

الصيغة Formula

في المنطق الرياضي mathematical logic، الصيغة هي أحد أساليب تجريد الكائنات من التحديد إلى التعميم، وتظهر الصيغة بشكل رمز أو سلسلة من الرموز التي قد تفسر بأي معنى في اللغة الاصطلاحية.

المصطلحات Terms

تعرف المصطلحات بشكل متكرر كمتغيرات وثوابت أو دوال functions مثل $f(t_1, . . . , t_n)$، حيث f رمز لمصفوفة n– ary نونية الرتبة من الدوال، تستخدم مجموعة متغيرات $t_1, . . . , t_n$، وبتطبيق الإسناد إلى هذه نحصل على الصيغ الذرية atomic formulas، أو الصيغ البنائية.

الصيغ البنائية Atomic formulas

الصيغة البنائية هي صيغة ليس لها تركيب هيكلي أعمق مما تبدو عليه، بمعنى أنها الصيغة التي لا تحتوي على روابط منطقية أو الصيغة التي لا تجعلنا نعود إلى صيغ فرعية معينة، والصيغة الذرية أو البنائية Atoms هي ابسط الصيغ المنطقية المعدة جيدا well–formed.

الصيغ المركبة Compound formulas: هي صيغ معدة بشكل يجمع الصيغ البنائية باستخدام الارتباط المنطقي logical connectives.

الصيغة المعدة جيدا Well–formed formula ("wiff"): هي رمز أو سلسلة من الرموز تنتج عبر قواعد التركيب للغة الاصطلاحية المستخدمة، والصيغة البنائية تكون من الشكل: $t_1 = t_2$ حيث t_1 و t_2 هي عناصرها، أو من الشكل $R(t_1, . . . , t_n)$ حيث R هي علاقة بين n من الدوال، و $(t_1, . . ., t_n)$ هي عناصرها، أو من الشكل ¬ a الذي يكون صيغة عندما تكون a صيغة، أو قد تكون الصيغة البنائية (p ∧ q) و (a b) التي تكون صيغة عندما تكون كلا من a و b. وكمثال حول الصيغة المركبة: ((((a ∧ b) ∧ c) v ((¬ a ∧ b) ∧ c)) v ((a ∧ ¬ b) ∧ c)) .

تمثيل العلاقة "هو يكون" أو"حالة من" Representing “ IsA ” and “ Instance ” Relationships

تتكون العبارات المنطقية من الموضوع subject، والمسند predicate والكائن object، وهذه تستخدم خاصيتين مهمتين هما "instance" و "isa" في الهيكل الهرمي. فالصفات "instance" و "isa" تدعمان الخصائص وراثة الخصائص، وتلعبان دورا مهما في تمثيل المعرفة. فيما يلي طرق التعبير المنطقي عنهما.

مثال: الجملة البسيطة "Joe is a musician"

لدينا هنا استخدام لصفة "is a" والتي تسمى IsA، كطريقة للتعبير عن ما نسميه منطقيا بعلاقة حالة الصنف class– instance بين الموضوع ممثلا بالعنصرين "Joe" و "musician"، فـ "Joe" هو حالة من صنف أشياء تسمى "musician"، فيلعب "Joe" دور الحالة أو المثيل instance، ويقوم العنصر "musician" بدور الصنف أو الفئة class في تلك الجملة.

لاحظ أنه في أي جملة كتلك، طالما كنا نتعامل مع البشر فلا مشكلة، أما بالنسبة للحواسيب فكل علاقة يجب أن يتم تعريفها بصورة صريحة: فالجملة كهذه

[Joe]   IsA   [Musician]

تصاغ بالشكل العام

[Instance]   IsA   [Class]

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

المسندات والدوال القابلة للحوسبة Computable Functions and Predicates

نقدم الفقرة التالية بهدف تعريف فئة الدوال C القابلة للحوسبة على العناصر F، وهذا يعبر عنه بـ C { F } كما سنوضح بمثالين:

(1) "evaluate factorial n"

(2) "expression for triangular functions".

مثال ١ حساب قيمة المفكوك evaluate factorial n:

قبل الدخول في التعبير الشرطي أو المشروط لتعريف قيمة المفكوك أو المضروب factorial للعدد n والذي يرمز له بـ n!، نبدأ بعرض شكلها العام.

ليكن لدينا التعبير Expression : “ if p_1 then e_1 else if p_2 then e_2 . . . else if p_n then e_n” أو ما نرمز له بـ:

$(p_1 \rightarrow e_1, p_2 \rightarrow e_2, \ldots\ldots p_n \rightarrow e_n)$

هنا القيم $p_1, p_2, \ldots . p_n$ هي تعبيرات خبرية تأخذ القيم T و F لـ true و false على التوالي، والقيمة الناتجة للجملة:

$(p_1 \rightarrow e_1, p_2 \rightarrow e_2, \ldots\ldots p_n \rightarrow e_n)$

تنتج من قيمة e المناظرة إلى أول عنصر p الذي قيمته T كشرط صائب، مع تجاوز القيم المناظرة للشروط الخاطئة.

والتعبير الذي يعرف مفكوك n! عموما، و $n= 5$ على الترتيب:

$n! = n \times (n-1)!$ for $n \geq 1$

$5! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 120$

$0! = 1$

التعريف أعلاه يدمج معه الحالة التي يكون فيها قيمة العنصر المضروب من الشكل $0! = 1$، مما يسمح بالعلاقة التعاودية أن تتكرر $(n + 1)! = (n+1) \times n!$ حتى عندما تكون $n = 0$.

وباستخدام التعبيرات الشرطية السابقة نستطيع تعريف الدالة n! تعاوديا :

$n! = (n = 0 \rightarrow 1, n \neq 0 \rightarrow n . (n - 1) !)$

ولنقم الآن بإيجاد 2!، كتطبيق للتعريفات السابقة:

$2! = (2 = 0 \rightarrow 1, 2 \neq 0 \rightarrow 2 . (2 - 1)!) = 2 \times 1!$,

$2 \times 1! = 2 \times (1 = 0 \rightarrow 1, 1 \neq 0 \rightarrow 1 . (1 - 1)!) = 2 \times 1 \times 0!$,

$2 \times 1 \times 0! = 2 \times 1 \times (0 = 0 \rightarrow 1, 0 \neq 0 \rightarrow 0 . (0 - 1)!)= 2 \times 1 \times 1$,

$2 \times 1 \times 1= 2$

مثال ٢ التعبير عن الدوال الشرطية:

فيما يلي مثال آخر عن التعبير الشرطي للدوال:

$|x|= (x < 0 \rightarrow -x , x \geq 0 \rightarrow x)$

الذي يعبر عن دالة المطلق absolute التالية:

$$|x| = \begin{cases} x & \text{if } x \geq 0 \\ -x & \text{if } x \leq 0 \end{cases}$$

فإذا كانت لدينا الدالة التالية:

$$\text{tri}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \le -1, \text{ or if } x > 1 \\ x & \text{if } x \le 0 \\ -x & \text{if } x \le 1 \end{cases}$$

فالتعبير الشرطي عنها يكون بالشكل:

$$|x| = (x \le -1 \rightarrow 0 \ , \ x \le 0 \ \rightarrow \ x, \ x \le 1 \rightarrow -x, \ x > 1 \rightarrow 0)$$

القرار Resolution

القرار يقصد به هنا إجراءات مستخدمة للبرهنة على أن بعض المتغيرات التي من الممكن التعبير عنها في المنطق المسند، أنها صحيحة. وهي إجراءات الإثبات عن طريق التفنيد refutation أو كشف التناقض contradiction إن وجدا، وتقود عملية القرار Resolution هذه للدحض باستخدام تقنية إثبات النظريات للجمل المصاغة بالمنطق الخبري و منطق الطلب الأول.

يعتبر القرار قانونا من قوانين الاستدلال inference ، ومبرهنا حاسوبيا للنظريات، ويعرف حتى الآن فقط للمنطق الخبري، كإستراتيجية تساعد على تكييف تقنيات القرار للمنطق الخبري على المنطق المسند.

٩) قوانين استخدام تمثيل المعرفة KR Using Rules

في الموضوع السابقة أوضحنا المنطق المسند باستخدام تمثيل المعرفة، وهناك منهجيات شائعة لتمثيل المعرفة مثل: قواعد الإنتاج production rules، وشبكة الدلالة semantic net، والأطر frames.

وقواعد الإنتاج تسمى أحيانا Production rules بقوانين IF–THEN، وهي أكثر طرق تمثيل KR المعرفة شيوعا، وهي بسيطة لكنها شكل قوي من أشكال التمثيل KR، وقواعد الإنتاج تقدم لنا مرونة في تركيب التمثيل التصريحي والإجرائي المستخدم في الاصطلاحات الموحدة unified form.

أمثلة حول قوانين الإنتاج Examples of production rules:

- إذا كان (شرط) فإن (الفعل يحدث) IF condition THEN action
- إذا كانت مقدمة منطقية صحيحة فإن الاستنتاج يتحقق IF premise THEN conclusion
- إذا كانت الجملة الخبرية p1 والجملة الخبرية p2 صائبتين، فإن الجملة الخبرية p3 تكون صائبة.

IF proposition p1 and proposition p2 are true THEN proposition p3 is true

مميزات قوانين الإنتاج Advantages of production rules

– أنها معيارية modular، أي مقاييس استخدامها ثابتة.

– كل قانون يعرف حيز صغير ومستقل من المعرفة.

– يتيح لنا إضافة add قوانين جديدة، أو حذف قوانين قديمة.

– تكون القواعد أو القوانين المنتجة عادة مستقلة عن أي قواعد أخرى.

قواعد الإنتاج كآلية لتمثيل المعرفة تُستخدم في تصميم كثير من الأنظمة المعتمدة على القوانين Rule–based systems، وتسمى أيضا نظم الإنتاج Production systems.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

أنواع القواعد Types of Rules

هناك ثلاثة أنواع من القوانين المستخدمة بكثرة في نظم إنتاج قواعد القوانين.

قوانين المعرفة التصريحية Knowledge Declarative Rules

هذه القوانين تضع كل الحقائق facts والعلاقات relationships حول المسألة المطلوبة.

مثال :إذا انخفضت نسبة التضخم، فإن سعر الذهب يقل.

IF inflation rate declines THEN the price of gold goes down

وتسجل هذه القوانين كجزء من قاعدة المعرفة knowledge base.

قوانين الاستدلال الإجرائية Inference Procedural Rules

وينصح بهذه القوانين في حل المسائل طالما نعرف بعض الحقائق، مثال:

إذا كانت البيانات المطلوبة ليست في النظام، فإننا نطلب البيانات من المستخدم.

IF the data needed is not in the system, THEN request it from the user.

وتلك القواعد تعتبر جزء من محرك الاستدلال inference engine.

ما وراء قوانين، أو قوانين القوانين Meta rules:هي قوانين تستخدم لصناعة القوانين، وتعطي قوانين القوانين Meta-rules تفسيرات حول أي القواعد يجب أن نأخذها بالاعتبار لإطلاق الاستدلال.

مثال (هذا المثال يقدم مثالا عن الاستفسار عن حالات معينة في قوانين معينة، وكيفية صناعة ما وراء القوانين لها)

إذا كان الهدف الحالي لا يظهر في المقدمة المنطقية لتلك القوانين premise، **و** لدينا قوانين من التي يظهر الهدف الحالي في مقدمتها المنطقية premise، **فإن** علينا أن نستخدم مكون القوانين الأولوية حتى الأخير.

تهتم ما وراء القوانين Meta-rules بالتفسير المباشر منها، لا بإنجاز التفسير reasoning فعليا، وتحدد ما وراء القوانين أي القوانين يجب أخذه بالاعتبار، وفي أي ترتيب يتم استدعاء تلك القوانين.

المعرفة الإجرائية مقابل المعرفة التصريحية Procedural versus Declarative Knowledge: هذين النوعين للمعرفة الموضحين سابقا، يختلفان بالنسبة لقواعد الإنتاج كما يلي:

المعرفة التصريحية Procedural Knowledge: هي كما نعلم معرفة كيف نفعل الأمر 'how to do'، ويشمل كما ذكرنا سابقا القوانين والاستراتيجيات والخطط والاجراءات والنماذج، ويجمع بينها توضيح ما نفعله بالترتيب للوصول إلى استنتاج معين.

ومثال ذلك القانون: "لكي نحدد ما إذا كان بيتر أو روبيرت أيهما أكبر، نعرف أولا عمريهما." هي إذا معرفة حول 'how to do' كيفية فعل شيء ما، وهذه المعرفة تظهر نفسها في فعل الشيء، مثلا: المهارات اليدوية أو الذهنية التي لا يمكن أن تتحول لكلمات، إذ يحملها الأفراد بالطريقة التي لا تسمح لها أن تكون اتصالا مباشرا مع الأفراد الآخرين. ونوافق أن وصف خطوات تنفيذ مهمة أو إجراء ما، تبدو مشابهة للمعرفة التصريحية، ماعدا كون المهام أو الطرق تكون موصوفة بدلا من الأشياء والحقائق.

المعرفة التصريحية Declarative Knowledge: هي كما نعلم معرفة ماذا 'what'، ومعرفة أن 'that'، وتشمل كما قلنا سابقا: المفاهيم، والكائنات، والحقائق، والإخبار، والتأكيد، والنماذج، ويجمع بينها معرفة الحقائق والعلاقات التي نستطيع أن نعبر عنها بعبارات بسيطة وواضحة، ونستطيع الإضافة والتعديل بلا صعوبة.مثال ذلك القانون: "السيارة تمتلك أربعة إطارات"،

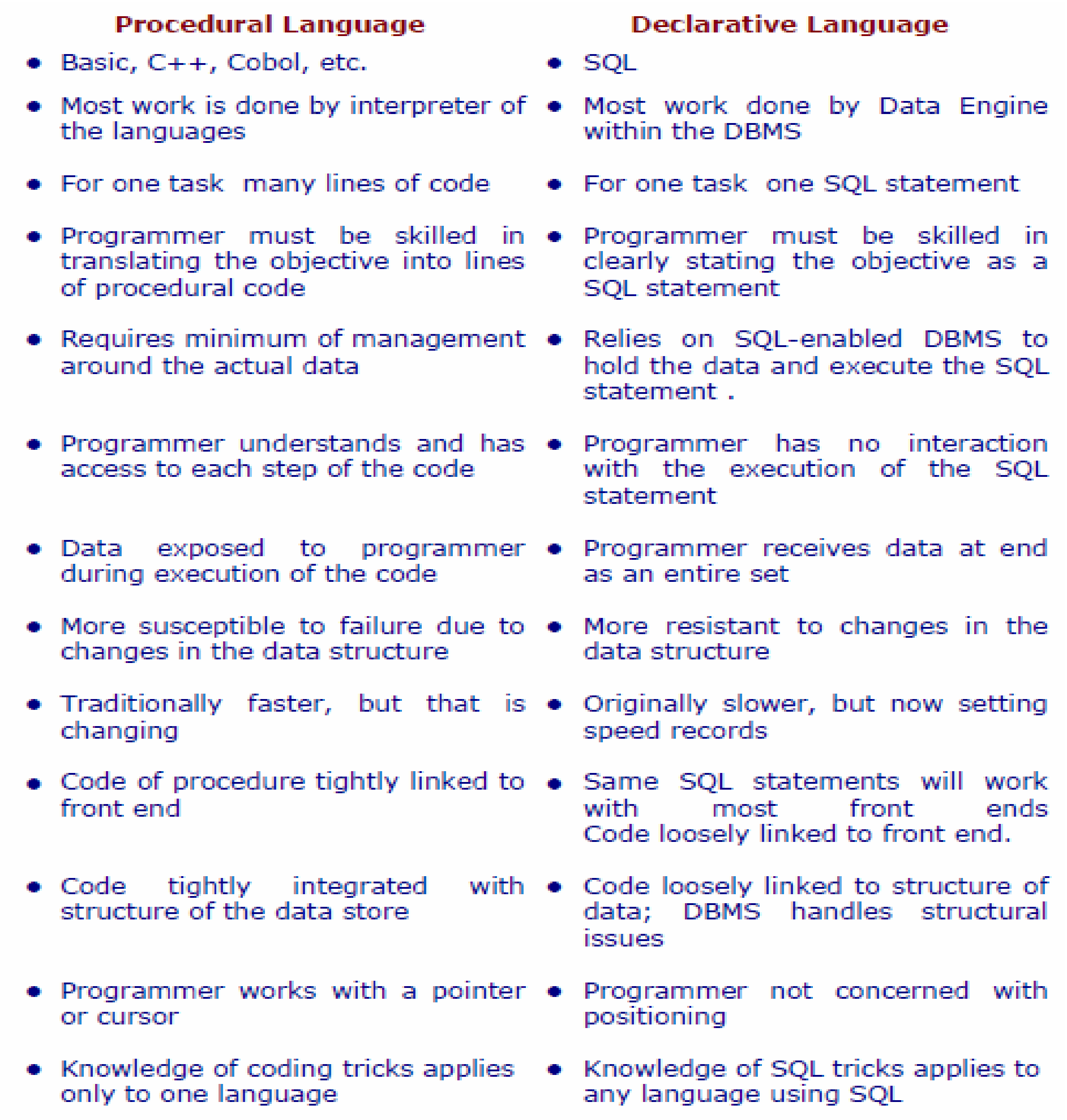
أو "بيتر أكبر سنا من روبيرت". فالمعرفة التصريحية والصريحة هي التي تضع المعرفة الموضوعية وقد يتم معالجتها كمرادف لأغلب الأغراض العملية، وتمثل المعرفة التصريحية في هيئة يمكن معالجتها وضغطها وتحليلها بشكل مستقل عن المحتوى.

المقارنة Comparison بين نوعي المعرفة

Declarative Knowledge	**Procedural Knowledge**
• Easy to validate من السهولة تصحيحها	• Hard to debug يصعب تنقيحها
• White box واضحة التفاصيل والجزئيات	• Black box مغلقة التفاصيل والمحتوى
• Explicit صريحة	• Obscure غامضة
• Data – oriented موجهة للبيانات	• Process oriented موجهة للعمليات
• Extension is easy سهل توسيعها	• Extension may effect stability التوسع قد يؤثر على استقرارها
• Slow (requires interpretation) بطيئة، تتطلب تفسيرات	• Fast , direct execution تنفيذ سريع، ومباشر
• May require high level data type	• Simple data type can be used استخدام أنواع بيانات بسيطة
• Representations in the form of production system, the entire set of rules for executing the task. عملية تمثيل كل قوانينها تتم بشكل نظام إنتاج، لتنفيذ المهام.	• Representations in the form of sets of rules, organized into routines and subroutines. عملية تمثيلها تتم بشكل مجموعات من القوانين، المنظمة في برامج فرعية.

مقارنة بين لغات البرمجة التصريحية والإجرائية

Comparison between Procedural and Declarative Language



Procedural Language	Declarative Language
Basic, C++, Cobol, etc.	SQL
Most work is done by interpreter of the languages	Most work done by Data Engine within the DBMS
For one task many lines of code	For one task one SQL statement
Programmer must be skilled in translating the objective into lines of procedural code	Programmer must be skilled in clearly stating the objective as a SQL statement
Requires minimum of management around the actual data	Relies on SQL-enabled DBMS to hold the data and execute the SQL statement .
Programmer understands and has access to each step of the code	Programmer has no interaction with the execution of the SQL statement
Data exposed to programmer during execution of the code	Programmer receives data at end as an entire set
More susceptible to failure due to changes in the data structure	More resistant to changes in the data structure
Traditionally faster, but that is changing	Originally slower, but now setting speed records
Code of procedure tightly linked to front end	Same SQL statements will work with most front ends Code loosely linked to front end.
Code tightly integrated with structure of the data store	Code loosely linked to structure of data; DBMS handles structural issues
Programmer works with a pointer or cursor	Programmer not concerned with positioning
Knowledge of coding tricks applies only to one language	Knowledge of SQL tricks applies to any language using SQL

البرمجة المنطقية Logic Programming

تقدم البرمجة المنطقية صيغ تحديد الحسابات computation من ناحية العلاقات المنطقية logical relations بين الكيانات entities.

البرنامج المنطقي logic program : هي مجموعة من العبارات المنطقية. بحيث يقوم المبرمج programmer بتوصيف جميع العلاقات المنطقية بين الكيانات المختلفة، والحسابات computations يقصد بها تحديد ما إذا كان استنتاج معين ينتج عن تلك العبارات المنطقية أو لا.

خصائص البرنامج المنطقي Characteristics of Logic program

يتميز برنامج المنطق بمجموعة من العلاقات والاستدلالات، ويتكون البرنامج من مجموعة من المسلمات axioms والعبارة الهدف، كما تحدد قواعد الاستدلال rules of inference ما إذا كانت المسلمات كافية للتأكد من حقيقة أو صواب العبارة الهدف goal statement.

والتنفيذ execution يعتبر أيضا من خصائص برنامج المنطق، فتنفيذ برنامج المنطق يشبه القيام بإنشاء برهان على العبارة الهدف باستخدام المسلمات الموجودة، وأخيرا يقوم المبرمج programmer بتحديد العلاقات المنطقية الأساسية، بدون تحديد الأسلوب الذي تطبق به قواعد الاستدلال inference rules، لذلك نقول أن المنطق + التحكم به يساوي الخوارزمية (Logic + Control = Algorithms).

أمثلة لعبارات المنطق Examples of Logic Statements

لتكن العبارة Statement: الجد هو أب الاب، A grand–parent is a parent of a parent.

تصاغ العبارة بشكل اقرب للمصطلح المنطقي بـ: يكون الشخص جدا grand–parent إذا كان له أو لها ابنا وذلك الابن كان والدا.

وتصاغ العبارة في منطق الترتيب الأول أومنطق القياس الكمي كالتالي:

(for all) x: grandparent (x, y):- parent (x, z), parent (z, y)

وتقرأ يكون أيٌّ x: جدا grandparent لـ y إذا كان (x والدا parent لـ z وكان z والدا لـ y).

لغة برمجة المنطق Logic Programming Language

لغة البرمجة تشمل: الصياغة the syntax ومعاني أو دلالات semantics البرنامج والنموذج ألاحتسابي computational model.

وتوجد طرق كثيرة لتنظيم المعالجة الحسابية، والنموذج المعتاد هو الأسلوب الإجرائي procedural، يحدد البرنامج الحسابات بالتساؤل عن "كيف" يتم الأداء، ويدخل ضمن هذه الطريقة لغات البرمجة كائنية التوجه Object–oriented ولغات أقدم مثل C و FORTRAN.

والنموذج الآخر هو التصريحي declarative، حيث يحدد البرنامج المعالجة الاحتسابية بإعطاء خصائص الإجابة الصحيحة، ومن أمثلة اللغات التصريحية لغة البرولوج Prolog ولغة البيانات المنطقية (LDL)، حيث تهتم بالخصائص المنطقية logical properties لعملية المعالجة الاحتسابية.

ونسمي لغتي البرولوج ولغة البيانات المنطقية (LDL) بلغات البرمجة المنطقية.

لغة البرولوج PROLOG (PROgramming LOGic)

هي لغة البرمجة المنطقية الأكثر شيوعا، وقد ظهرت ضمن حقل الذكاء الاصطناعي، وصارت شائعة عند باحثي الذكاء الاصطناعي، الذين يعرفون الكثير حول "ماذا" و "كيف" يتم إنجاز السلوك الذكي.

والصياغة والاصطلاحات Syntax and Terminology

في أي لغة برمجة، يكون تنسيق المكونات، كالتعبيرات expressions والعبارات statements ..الخ، كما توضحه قواعد التركيب أو ما تسمى بقواعد الإعراب syntactic rules.

وتقسم المكونات في لغة البرولوج إلى جزأين هما:

(A) مكونات البيانات data components

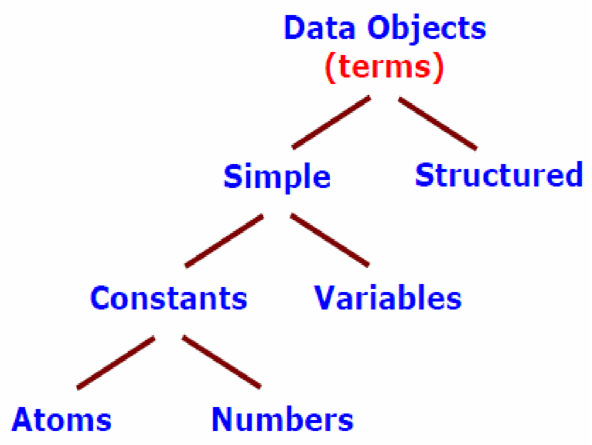
(B) مكونات البرنامج program components

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

(A) مكونات البيانات data components

مكونات البيانات هي مجموعة من كائنات البيانات التي تتبع تسلسلا هرميا معينا، وكائن البيانات Data object لأي نوع يسمى أيضا بالعنصر term ويعرف بأنه: متغير variable أو ثابت constant أو عنصر مركب compound term، ولا يكون كائن البيانات البسيط قابلا للتجزئة decomposable، مثلا: الصيغ البنائية atoms أو الأعداد numbers و الثوابت والمتغيرات.

وتميز قواعد الصياغة بين كائنات البيانات المختلفة، فلا داعي إذا للتصريح عنها، أما كائن البيانات المركب فيحتوي على عدة مكونات.



كائنات البيانات Data Objects: كما اسلفنا تسمى كائنات البيانات ايضا بالعناصر term، هذه العناصر كما يوضح الشكل السابق تتكون كأمثلة من:

الثوابت Constants : هي رموز لقيم ثابتة كالأعداد الصحيحة integers والحقيقية floating point والصيغ البنائية.

المتغيرات Variables : هي رموز لقيم وحيدة لكنها غير محددة unspecified، ويكون رمز المتغير بحرف كبير uppercase letter وبحروف تحتها خط underscore.

العناصر المركبة Compound terms:

هي سلسلة من عنصر واحد أو أكثر مشكلة الدالة functor، وتسمى العناصر أيضا بالمعاملات arguments.

ونعرف الدالة functor بكونها تميز باسم خاص به وعدد من المعاملات، ويعتبر الاسم صيغة بنائية atom، وعدد العناصر فيها تسمى بال arity ، كالتالي:

$f/n = f(\, t_1, t_2, . . . t_n \,)$

حيث f اسم الدالة functor المكون من عدد n معاملات arity، و t_i 's هي تلك المعاملات، فالرمز f/n يقصد به دالة بها n اريتي، وإذا كانت اثنتان من الدوال functors لها نفس الاسم وعدد معاملات مختلف فهما دالتان مختلفتان.

عناصر ال Ground وال non-ground

عناصر ال Ground هي عناصر لا تحتوي على متغيرات، وإنما ثوابت فقط، وما عداها تعد عناصر ال non-ground، وعادة تكون هي الدوال المقصودة سواء كانت عناصر مركبة.

كائنات البيانات البسيطة Simple Data Objects

الصيغ البنائية Atoms والأعداد Numbers والمتغيرات Variables.

الصيغ البنائية Atoms:

- تكتب بحروف لاتينية صغيرة lower-case، قد تتبع بحروف أخرى من الحالة الكبيرة أو أرقام أو استخدام رمز الـ underscore، مثلا:

a greaterThan two_B_or_not_2_b

- وتستخدم لها سلاسل من الرموز الخاصة مثل & $ # ~ : < > ^ = \ / * - +
- وكذلك سلسلة من أي رموز مغلفة ضمن التنصيص، مثل: 'ABC' '1234' 'a<>b'
- وكذلك من الصيغ البنائية الرموز التالية: {} [] !.

الأعداد Numbers:

التطبيقات التي تشمل على حسابات عددية ثقيلة تكتب نادرا في البرولوج Prolog، وتمثل الأعداد الصحيحة بالشكل المعروف:

0 -16 33 +100

وتكتب الأعداد الحقيقية بالطريقة المعيارية المألوفة أو بالطريقة العلمية للترميز:

0.5 -3.1416 6.23e+23 11.0e-3 -2.6e-2

المتغيرات Variables

يبدأ اسمها بأحرف لاتينية كبيرة capital letter، ويمكن أن يتبع بأحرف صغيرة، وارقام أو رمز الـ underscore، مثال المتغيرات الثلاثة التالية: X25 , List , Noun_Phrase

كائنات البيانات المركبة Structured Data Objects:

هي نوعين تركيب عام General Structures، وتركيب خاص Special Structures.

التركيب العام General Structures: هو عنصر مركب ويشكل نحويا عن طريق الدوال functor والمعاملات arguments، وتعامل الدالة functor كصيغة بنائية atom، وتظهر قائمة المعاملات ضمن أقواس، ويفصل بينها بفاصلة، ويعتبر كل معامل عنصرا، وكذلك أي كائن بيانات في البرولوج.

ومن أمثلة التركيب العام: greaterThan(9, 6) و plus(2, 3, 5) و f(a, g(b, c), h(d)).

ملاحظة: التركيب في البرولوج هو آلية لجمع العناصر مع بعضها، كالأعداد الصحيحة عندما تضمن في دالة functor.

التركيبات الخاصة Special Structures

في البرولوج Prolog تسمى مجموعة العناصر قائمة list، فالقوائم Lists هي عناصر مركبة ويقدم البرولوج لنا طريقة ترميز ملائمة لتمثيل هذه القوائم، ويرمز للقائمة الفارغة بالصيغة البنائية [ ]، والقائمة غير الفارغة تحمل القيم بين قوسين مربعين يفصل كل عنصر بفاصلة، مثال ذلك:[bach, bee] [apples, oranges, grapes] .

(B) مكونات البرنامج program components

برنامج البرولوج هو مجموعة من المسندات predicates أو القوانين rules، ويستخدم المسند للعلاقة بين الكائنات، وفيما يخص مكونات البرنامج نقدم التالي:

١ . العبارة Clause المسند Predicate الجملة Sentence الموضوع Subject
٢ . العبارة والمسندات Clause & Predicates
٣ . حالة خاصة: العبارة الواحدة Unit Clause
٤ . الاستفسارات Queries

العبارة Clause المسند Predicate الجملة Sentence الموضوع Subject

العبارة Clause : هي مجموعة من الكلمات المترابطة قواعديا، أي حسب قواعد التركيب grammatically-related words، ويتكون المسند Predicate من عبارة أو أكثر، وكذلك تعد العبارات وحدات بناء الجملة Sentence، فتشمل كل جملة عبارة أو أكثر، وتتكون الجملة الكاملة من مكونين هما الموضوع Subject والمسند، والموضوع يقصد به ماذا أو من تتحدث عنه الجملة، فالمسند يقدم إخبارا عن موضوع محدد.

مثال: عندما نكتب "cows eat grass"

هذه عبارة، فهي تتكون من الموضوع وهو: cows، والمسند هو "eat grass"

مثال آخر: العبارة "cows eating grass are visible from highway"

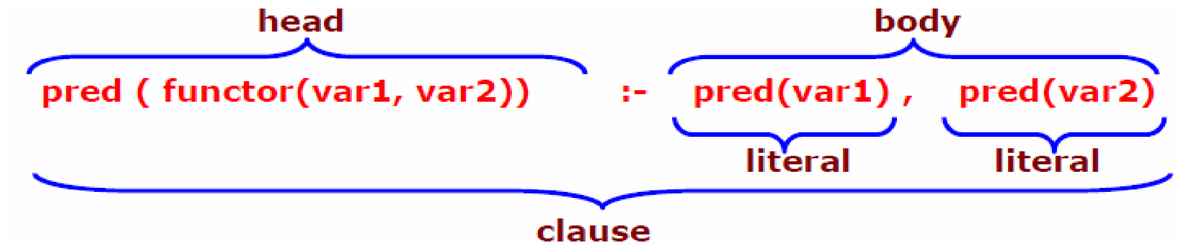
هذه عبارة تامة، مكونة من الموضوع "cows eating grass"، ومن المسند "are visible from the highway"، وهذا ما يشكل لنا فكرة تامة.

العبارة والمسندات Predicates & Clause

قواعديا يتكون المسند من عبارة أو أكثر، فالشكل العام للعبارة هو:

<left-hand-side> :- <right-hand-side>

حيث أن الجانب إلى اليسار left-hand-side أو LHS هي هدف وحيد يسمى بالهدف "goal"، والجانب إلى اليمين right-hand-side، أو اختصار RHS، تتكون من هدف أو أكثر من هدف يفصل بينها بفاصلة، ويسمى هدف فرعي "sub-goals" للهدف في الجانب الى اليسار، والرمز :- ويلفظ "إذا كان" أو "يعني أن"، والشكل التالي يوضح تركيب العبارة في البرمجة المنطقية:



يقصد بال Literals في الشكل السابق، تمثيل الخيارات الممكنة في الانواع الأصلية للغة برمجة محددة، بعض أنواع الخيارات منها تكون إعداد صحيحة، أو حقيقية، أو منطقية (بوليانية) أو سلاسل حرفية.

مثال: العبارة التامة التالية

```
grand_parent (X, Z) :- parent(X, Y), parent(Y, Z).
parent (X, Y) :- mother(X, Y).
parent (X, Y) :- father(X, Y).
```

تفسير وتوضيح المثال Interpretation

العبارة السابقة تحدد قيمة صواب الشرط في الهدف على يسار العبارة LHS ، ولا تكون قيمة صواب الهدف في LHS "صائب"، إلا في حالة كانت قيمة صواب أي من الأهداف الفرعية على يمين العبارة RHS كلها "صائب". ويكون المسند صائبا إذا كانت واحدة من عباراته على الأقل صائبة.

بالنسبة للمثال السابق، يكون الكائن أو العنصر X جدا للعنصر Z إذا كان والد X وهو Y ، والدا لـ Z.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

(X is parent of Y)   (Y is parent of Z)
X ------------→ Y -------------→ Z
-----------------------------------→

(X is grand parent of Z)

ولتفسير الدالة parent التي تعني والدا، أي إما أم mother أو أب father ، الشكل التالي يوضح المعنى الأول:أم.

(X is parent of Y)
X ------------→ Y
--------------------→

(X is mother of Y)

وفيما يلي تفسير الدالة والد بالنسبة للمعنى الثاني: أب.

(X is parent of Y)
X ------------→ Y
--------------------→

(X is father of Y)

العبارة الواحدة Unit Clause – حالة خاصة special Case

هي عبارة تختلف عن عبارات المثال السابق لشرط الصواب، عندما تواجهنا علاقات غير شرطية نحتاج للتعبير عنها. في البرولوج تسمى العبارات الصائبة غير الشرطية بالعبارة الواحدة او الحقيقية fact.

مثال على العلاقات غير الشرطية:

العبارة المباشرة 'X' is the father of 'Y'، هي عبارة صائبة بدون شرط، وتمثل في البرولوج بالصيغة:

father(X, Y) :– true.

وتفسر بأن العلاقة بين X و Y هي دائما صائبة، أو ببساطة تفسر العلاقة بأن X هو أب لـ Y، ويكون صواب الهدف Goal True داخليا أو مدمجا في البرولوج ويتحقق دائما، والبرولوج يقدم صياغة ابسط للتعبير عن عبارة الوحدة أو الحقيقة:

father(X, Y).

حيث تكون باقي العبارة " true :– " جزء قابلا للحذف بكل بساطة.

الاستفسارات Queries

الاستفسارات في لغة البرولوج هي عبارات أو جمل تسمى توجيها directive، والحالة الخاصة من التوجيهات تسمى استفسارا. ومن الناحية القواعدية تعتبر التوجيهات عبارات clauses، لكن يكون الجزء يسار العبارة LHS فارغا في هذه العبارات.

مثال:

? – grandparent(Q, Z).

هذا الاستعلام يفسر كأننا كتبنا العبارة:

Who is a grandparent of Z ?

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

بإصدار الاستفسارات عن Q، يحاول البرولوج أن يؤسس صلاحية العلاقات المحددة، بالنسبة للمثال السابق تكون الإجابة، مثلا:

(X is grand parent of Z)

نتيجة تنفيذ الاستفسار إما أن النجاح Success أو الفشل failure، النجاح يعني أن الهدف المحدد في الاستفسار، يتوافق مع الحقائق والقانون في البرنامج، والفشل يعني أن الأهداف المحددة في الاستفسار، لا تتفق مع تلك الحقائق والقوانين في البرنامج.

النماذج البرمجية Programming Paradigms

أو نماذج الحساب Models of Computation، هو وصف تام للغة البرمجة يشمل النموذج الاحتسابي، والقواعد النحوية والدلالية، واعتبارات التطبيق التي تحدد شكل اللغة.

النماذج الحاسبية Models of Computation

أو النموذج ألاحتسابي، هو مجموعة من القيم والعمليات، طالما الحساب computation هو تطبيق لسلسلة من العمليات على قيمة value للحصول على قيمة أخرى، وهناك ثلاثة نماذج احتسابية أساسية:

(a) النموذج الأمري والأساسيImperative ، (b) النموذج الوظيفي Functional ، (c) النموذج المنطقي Logic ..

وإضافة إلى ذلك، يوجد هناك نموذجين برمجيين مهمين:

(a) النموذج التزامني concurrent (b) ، نموذج البرمجة الكائنية object-oriented programming ..

وهاذين ليسا نموذجين للحوسبة، لكنهما في مستوى أهمية النماذج الحسابية.

النموذج الأمري أو الأساسي Imperative Model

النموذج الأساسي يتكون من حالة state ومن عملية operation مناظرة تستخدم لتعديل تلك الحالة، حيث تتكون برامج النموذج من سلسلة من الأوامر، والحوسبة كما نعلم هي تغير في عدد من الحالات.

مثال ذلك الدالة الخطية Linear function ، فالدالة الخطية $y = 2x + 3$، سنكتبها بالشكل: $Y := 2 * X + 3$.

و يتطلب التنفيذ تحديد قيمة x في الحالة المحددة، ومن ثم إنشاء الحالة الجديدة التي تختلف عن الحالة القديمة، مثلا بالنسبة للمعادلة الخطية السابقة، تكون الحالة الجديدة :

New State: $X = 3$, $Y = 9$

ويعد النموذج الأساسي نموذج قريب إلى نموذج العتاد الصلب (الهاردوير hardware) الذي ينفذ البرامج، والذي يجعل من نموذجا اكثر كفاءة بالنظر إلى وقت التنفيذ execution time.

النموذج الوظيفي Functional model

يتكون النموذج الوظيفي للحوسبة من مجموعة من القيم والدوال، وعمليات الدوال، والدوال قد تسمى أو تدمج مع دوال أخرى، ويمكنها أخذ دوال أخرى كمدخلات أو معاملات فيها وإعادة النتائج. وتكون تعريفات الدوال ضمن البرامج، فالعملية الحسابية أو الحوسبة Computations هي تطبيق ينفذ دالة علي قيم ممره لها.

مثال الدالة الخطية Linear function التالية: $y = 2x + 3$، يمكن أن تعرف كدالة بالشكل: $f(x) = 2 * x + 3$.

مثال تحديد قيمة المحيط Circumference، هي علاقة قيمة ثابتة بنصف القطر، وبها يتحدد محيط الدائرة:

Circumference = 2 × pi × radius , where pi = 3.14

ولتعميم المحيط بالمتغير نصف القطر الذي يختلف من دائرة إلى أخرى:

Circumference(radius) = 2 × pi × radius , where pi = 3.14

لقد تطورت النماذج الوظيفية عبر سنوات عدة، وتشكلت معها الطرق والاصطلاحات كقاعدة يتم بها نمذجة حل المسائل.

النموذج المنطقي Logic Model

النموذج المنطقي الحسابي يعتمد على العلاقات والاستدلال المنطقي، إذ تحتوي البرامج على العلاقات، وتقوم الحوسبة بالاستدلال والإثبات.

مثال من الدوال الخطية:

الدالة الخطية y = 2x + 3 يمكن أن نقوم بتمثيلها بالشكل:

f (X , Y)   if   Y   is   2 * X + 3

هنا قامت الدالة بتمثيل العلاقة بين x و y.

مثال تحديد قيمة المحيط Circumference:

حساب محيط الدائرة يمثل في هذا النموذج بالصيغة:

Circle (R , C) if Pi = 3.14 and C = 2 * pi * R

وهنا كانت الدالة علاقة نصف القطر R والمحيط C.

مثال ثمة مسألة منطقية شهيرة هي، مسألة تحديد فناء سقراط Socrates وبينلوب Penelope:

البرنامج يهدف إلى الحكم على سقراط وبينلوب، فالحقيقة المعطاة هي كون سقراط وبينلوب بشريان، والقانون هو أن كل البشر فانون، أي:

for all X, if X is human then X is mortal.

ولكي نحكم على فناء سقراط وبينلوب، نضع الافتراض بعدم وجود فانين بالصيغة:

¬ mortal (Y)

والشكل المكافئ للحقائق والقوانين السابقة هو :

human (Socrates)
mortal (X) if human (X)

وللحكم على سقراط وبينلوب، نستخدم الفرض السابق ¬ mortal (Y)، والعمليات الحسابية لإثبات فناء سقراط هي:

1. (a)	human(Socrates)	Fact
2.	mortal(X) if human(X)	Rule
3	¬mortal(Y)	assumption
4.(a)	X = Y	
4.(b)	¬human(Y)	from 2 & 3 by unification and modus tollens
5.	Y = Socrates	from 1 and 4 by unification
6.	Contradiction	5, 4b, and 1

توضيح:

السطر الاول يمثل العبارة : "سقراط رجل".

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

السطر الثاني يمثل العبارة: كل البشر فانون، عن المقابل الرياضي لكل x ، إذا كانت x رجل فإن x فانٍ.

السطر الثالث يضاف إلى مجموعة معطيات الحكم على فناء سقراط، كافتراض.

السطر الرابع (a و b) هو استنتاج من السطرين الثاني والثالث، وتم إثبات باستخدام قانون الاستدلال modus tollens، الذي ينص على إنه إذا كان الاستنتاج في القانون خاطئا، فكذلك يكون الفرض أو الشرط خاطئا.

المتغيرين X و Y يتحدان لأن لهما نفس القيمة، وبذلك نجد أن السطر الخامس والسطر الرابع (b) مع السطر الاول تشكل تناقضا contradictions، مع تعريف سقراط أنه بشري، وعلى ذلك فسقراط فانٍ.

لاحظ أن تقرر هنا استخدام قانون الاستدلال الذي يبحث عن وجود التناقض، لإثبات خطأ الفرض وصواب عكسه، باستخدام المقارنة بين العبارات لمعرفة تشابه عناصرها.

إن نموذج المنطق Logic model يصوغ عمليات التفسير المستخدمة، وهذا النموذج يستخدم في قواعد البيانات العلائقية relational data bases، والنظم الخبيرة expert systems.

التفسير الأمامي مقابل التفسير الخلفي Forward versus Backward Reasoning

تتكون معمارية النظام المعتمد على القوانين من مجموعة من القوانين، ومجموعة من الحقائق، ومحرك استدلال، كما أوضحنا ذلك سابقا، ونحتاج في هذه النظم إلى اكتشاف الحقائق الجديدة، التي يمكن اشتقاقها، وبوجود مجموعة من القوانين المتوفرة، هناك طريقتين رئيسيتين لإنتاج معرفة جديدة: الأولى هي التقييد الأمامي forward chaining والثانية هي التقييد الخلفي backward chaining.

التقييد الأمامي Forward chaining : ويسمى أيضا بالقيادة بالبيانات، ويبدأ بالحقائق للبحث عن القوانين التي يطبقها.

التقييد الخلفي Backward chaining: ويسمى أيضا بالقيادة بالهدف، ويبدأ من طلب ما لاكتشافه، ويبحث عن القوانين التي تساعد على إجابة ذلك الطلب.

التحكم بالمعرفة Control Knowledge

تتكون الخوارزمية من: مكونات منطقية، توصف طبيعة المعرفة المستخدمة في حل المسائل، والتحكم بالمكونات، مما يحدد إستراتيجية حل المسألة، بواسطة تحديد طبيعة استخدام المعرفة نفسها، لهذا نقول أن: الخوارزمية تساوي المنطق زائدا التحكم أو:

Algorithm = Logic + Control

محتوى المنطق logic component يحدد طبيعة الخوارزمية، بينما محتوى التحكم يؤثر فقط في كفاءة الخوارزمية، وبالإمكان صياغة الخوارزمية بطرق مختلفة، لإنتاج نفس العمليات، وقد تكون أحد هذه الصياغات تملك عبارات واضحة من ناحية المحتوى المنطقي، لكنها توظف إستراتيجية حل مسألة معقدة، من ناحية محتوى المنطق.وقد تكون صياغة أخرى لها محتوى منطق معقد، لكنه يوظف إستراتيجية حل مسألة سهلة.

وكفاءة الخوارزمية يمكن أن تتحسن مرارا، بواسطة تحسين محتوى التحكم بدون تغيير منطق الخوارزمية، أي بدون تغيير طبيعة الخوارزمية نفسها، وهناك نزعة في قواعد البيانات إلى الفصل بين التحكم control والمنطق logic.

ولغات البرمجة اليوم لا تفرق بين المنطق والتحكم، حيث يحدد المبرمج المنطق والتحكم في اللغة الواحدة، ويتدرب على آلية التنفيذ الأكثر قدرة على حل المسائل.

ستكون برامج الحاسوب صحيحة في أكثر الأحيان، وأكثر سهولة في التحسين، وأكثر تكيفا مع المسائل الجديدة، عندما تقدم آلية التنفيذ خدمات حل مسائل افضل وأقوى، وذلك بواسطة نظرية مبرهنة للأنظمة ذكية.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

١٠) **مراجع وكتب نصية** References Textbooks مستخدمة من قبل المصدر

1. "Artificial Intelligence", by Elaine Rich and Kevin Knight, (2006), McGraw Hill companies Inc., Chapter 4-6, page 105-192.

2. "Artificial Intelligence: A Modern Approach" by Stuart Russell and Peter Norvig, (2002), Prentice Hall, Chapter 7-10, page 194-369.

3. "Computational Intelligence: A Logical Approach", by David Poole, Alan Mackworth, and Randy Goebel, (1998), Oxford University Press, Chapter 5-7, page 169-278.

4. "Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving", by George F. Luger, (2002), Addison-Wesley, Chapter 2, 7, page 35-77, 227-273.

5. "AI: A New Synthesis", by Nils J. Nilsson, (1998), Morgan Kaufmann Inc., Chapter 13, Page 217-229.

6. "Artificial Intelligence: Theory and Practice", by Thomas Dean, (1994), Addison-Wesley, Chapter 3, 6, Page 71-130, 255-296.

7. Related documents from open source, mainly internet. An exhaustive list is being prepared for inclusion at a later date.

مدخل إلى علم الذكاء الاصطناعي، من إعداد فهد آل قاسم نقلا عن www.myreaders.info/html/artificial_intelligence.html

ملحق:

عناوين باقي الفصول التي يتكون منها موقع www.myreaders.info القسم الخاص بالذكاء الاصطناعي.

محتوى المقرر Course Content

01 مدخل إلى الذكاء الاصطناعي Introduction to AI :

Definitions, Goals of AI, AI Approaches, AI Techniques, Branches of AI, Applications of AI.

02 حل المسائل والبحث واستراتيجيات التحكم Problem Solving, Search and Control Strategies:

General problem solving, Search and control strategies, Exhaustive searches, Heuristic search techniques, Constraint satisfaction problems (CSPs) and models .

03 مواضيع تمثيل المعرفة، والمنطق الخبري والقوانين Knowledge Representations Issues, Predicate Logic, Rules:

Knowledge representation, KR using predicate logic, KR using rules.

04 نظام التفسير والترميز والإحصاء Reasoning System – Symbolic , Statistical :

Reasoning – Over view, Symbolic reasoning, Statistical reasoning.

05 تشغيل اللعبة Game Playing :

Overview, Mini-Max search procedure, Game playing with Mini-Max, Alpha-Beta pruning.

06 نظم التعلم Learning Systems :

Rote learning, Learning from example : Induction, Explanation Based Learning (EBL), Discovery, Clustering, Analogy, Neural net and genetic learning, Reinforcement learning.

07 النظم الخبيرة Expert Systems :

Knowledge acquisition, Knowledge base, Working memory, Inference engine, Expert system shells, Explanation, Application of expert systems.

08 أصول الشبكات العصبية Fundamentals of Neural Networks:

Research history, Model of artificial neuron, Neural networks architectures, Learning methods in neural networks, Single-layer neural network system, Applications of neural networks.

09 أصول الخوارزميات الجينية Fundamentals of Genetic Algorithms :

Search optimization algorithm, Evolutionary algorithm, Encoding, Operators of genetic algorithm, Basic genetic algorithm.

10 معالجة اللغات الطبيعية Natural Language Processing:

Introduction, Syntactic processing , Semantic and Pragmatic analysis.

11 الحس العام/المشترك Common Sense :

Introduction, Formalization of common sense reasoning, Physical world, Common sense ontologies, Memory organization.

ملحق١:

عناوين باقي الفصول التي يتكون منها موقع www.myreaders.info القسم الخاص بالذكاء الاصطناعي.

محتوى المقرر Course Content

01 مدخل إلى الذكاء الاصطناعي Introduction to AI :

Definitions, Goals of AI, AI Approaches, AI Techniques, Branches of AI, Applications of AI.

02 حل المسائل والبحث واستراتيجيات التحكمProblem Solving, Search and Control Strategies:

General problem solving, Search and control strategies, Exhaustive searches, Heuristic search techniques, Constraint satisfaction problems (CSPs) and models .

03 مواضيع تمثيل المعرفة، والمنطق الخبري والقوانين Knowledge Representations Issues, Predicate Logic, Rules:

Knowledge representation, KR using predicate logic, KR using rules.

04 نظام التفسير والترميز والإحصاء Reasoning System – Symbolic , Statistical :

Reasoning – Over view, Symbolic reasoning, Statistical reasoning.

05 تشغيل اللعبة Game Playing :

Overview, Mini-Max search procedure, Game playing with Mini-Max, Alpha-Beta pruning.

06 نظم التعلم Learning Systems :

Rote learning, Learning from example : Induction, Explanation Based Learning (EBL), Discovery, Clustering, Analogy, Neural net and genetic learning, Reinforcement learning.

07 النظم الخبيرة Expert Systems :

Knowledge acquisition, Knowledge base, Working memory, Inference engine, Expert system shells, Explanation, Application of expert systems.

08 أصول الشبكات العصبية Fundamentals of Neural Networks:

Research history, Model of artificial neuron, Neural networks architectures, Learning methods in neural networks, Single-layer neural network system, Applications of neural networks.

09 أصول الخوارزميات الجينية Fundamentals of Genetic Algorithms :

Search optimization algorithm, Evolutionary algorithm, Encoding, Operators of genetic algorithm, Basic genetic algorithm.

10 معالجة اللغات الطبيعية Natural Language Processing:

Introduction, Syntactic processing , Semantic and Pragmatic analysis.

11 الحس العام/المشترك Common Sense :

Introduction, Formalization of common sense reasoning, Physical world, Common sense ontologies, Memory organization.

ملحق٢:

منهجيتي في الترجمة كالتالي:

١) الأولوية للسياق باللغة الانجليزية ما لم يتناقض مع سياق اللغة العربية.

٢) البحث عن المفردة العربية الأنسب للسياق أو المفهوم، لا المعنى المباشر، ولهذا قد تجد كلمة واحدة عرضت لها أكثر من معنى.

٣) ترتيب كلمات الجملة كما هي بالأصل قدر الإمكان اقترابا من الترجمة الحرفية، مما قد يسبب صعوبة في التركيز والحصول على المعنى ...أحيانا.

٤) الإسهاب في مواضيع والاقتضاب في أخرى حسب رؤية شخصية لتسلسل المنهج، بمعنى حذف بعض الفقرات والتطويل في بعضها.

٥) أحيانا احذف فقرة كاملة بسبب عدم وضوحها في المصدر، أو لتقديري عدم فائدتها للمعنى، مع إضافة ما يمكن أن يوضح أو يفيد من خارج الأصل.

٦) اختيار المصطلح العربي يتم وفق إما وروده في كتابات عربية سابقة، وإلا حسب الخبرة الشخصية.

٧) عرض المصطلح الأجنبي المناظر للعربي عند ظهوره أول مره، مع الاكتفاء بالترجمة العربية بعدها، وأحيانا يظهر المصطلح المناظر عشوائيا بما لا يخالف ضرورة ظهور المصطلح العربي أول مره مع الأجنبي.